itea

información técnica económica agraria

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO



Volumen 112

Número 1

Marzo 2016

AIDA

www.aida-itea.org

itea

Información Técnica Económica Agraria
Revista de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario
www.aida-itea.org

2016 - AÑO XLVII Vol. 112 N.º 1 http://dx.doi.org/10.12706/itea	**DIRECCIÓN Y REDACCIÓN** Avda. Montañana, 930 50059 ZARAGOZA (ESPAÑA) Tel.: 34-976 716305 Fax.: 34-976 716335 E-mail: cmmarin@aragon.es	Depósito legal: Z-577-82 ISSN: 2386-3765 INO Reproducciones, S.A. Pol. Malpica, calle E, 32-39 (INBISA II, nave 35) 50016 Zaragoza

DIRECTOR: Clara Mª Marín, CITA de Aragón. España
SUBDIRECTOR: Pilar Andreu, EEAD Zaragoza. España
EDITORES CIENTÍFICOS: Alfonso Abecia, Universidad de Zaragoza. España
Alicia Cirujeda, CITA de Aragón. España
Azucena Gracia, CITA de Aragón. España
Ramón Isla, CITA de Aragón. España
Ana Sanjuan, CITA de Aragón. España
Albina Sanz, CITA de Aragón. España
EDITOR TÉCNICO: Mireia Blanco, CITA de Aragón. España

COMITÉ DE REDACCIÓN: Javier Álvarez, Universitat de Lleida. España
Jorge Álvaro, EEAD Zaragoza. España
Carlos Calvete, CITA de Aragón. España
Fernando Escriu, CITA de Aragon. España
Cristina Mallor, CITA de Aragón. España
Juan A. Marín, EEAD Zaragoza. España
Javier Rodrigo, CITA de Aragón. España

COMITÉ ASESOR: Ricardo Aké, Universidad Autónoma de Yucatán, México • Joaquim Balcells, Universidad de Lleida, España • Carlos Cantero, Universidad de Lleida, España Mª Elena Daorden, INTA, Argentina • Mª José Díez, Universidad Politécnica de Valencia, España • Miguel Gómez, Cornell University EEUU • Margarita López, Centro de Investigación Agraria "Finca La Orden-Valdesequera", España • Ana Meikle, Universidad de la República, Uruguay • Mª Teresa Muiño, Universidad de Zaragoza, España • Julio Olivera, Universidad de la República, Uruguay • César Revoredo-Giha, SAC, Reino Unido • Ricardo Revilla, DGA, España • José Antonio Rubio, ITACYL, España Pierre Sans, École Nationale Vétérinaire de Toulouse, Francia • Guillermo Studdert, Universidad del Mar del Plata, Argentina • Alfredo Teixeira, Escola Superior Agrária de Bragança, Portugal • Luis Varona, Universidad de Zaragoza, España

ITEA-Información Técnica Económica Agraria aparece indexada en SCI Expanded, Journal Citation Reports/Science Editions, ICYT, CABI, SCOPUS. Prohibida toda reproducción total o parcial sin autorización expresa de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario, Editor titular del copyright. ITEA no se responsabiliza necesariamente de las opiniones vertidas en los artículos firmados que publica, cuya responsabilidad corresponde a sus autores.

Suscripciones y Distribución: ITEA publica anualmente cuatro volúmenes. El precio de la suscripción para 2016 es de 42 €. Se acepta el intercambio con otras revistas. E-mail: jmoreno@aragon.es



Abrevadero Monte de Zuera.

Autor: Ramón Isla. Montes de Zuera (Zaragoza).

A pesar del retroceso que ha sufrido la cabaña ovina en España en general y en Aragón en particular, en las zonas de monte se mantienen los abrevaderos permanentes que permiten que los rebaños de ovejas y cabras de las zonas colindantes pastoreen los recursos que allí se producen. Fundamentalmente las plantas que crecen en primavera en los campos en barbecho o sin cultivar y las rastrojeras de verano una vez cosechado el cereal. Son estructuras imprescindibles para el mantenimiento de una cabaña ganadera que está a la búsqueda de alimentos baratos que permitan mejorar la economía de las explotaciones. El que presenta la fotografía se localiza en los Montes de Zuera (Zaragoza, España).

Sumario

Producción Vegetal

Estado fitosanitario del azafrán en Aragón (España): insectos, ácaros, nematodos, virus, bacterias y malas hierbas.
Phytosanitary status of saffron crop in Aragón (Spain): insects, mites, nematodes, viruses, bacteria and weeds.
A. Cirujeda, Mª M. Coca-Abia, F. Escriu, A. Palacio-Bielsa, A.I. Marí, P. Zuriaga, J. Aibar, M. Luis-Arteaga y C. Zaragoza 3

La trufa de verano en la península ibérica: estado actual y potencialidad de cultivo.
Summer truffle in the Iberian Peninsula: current status and crop potential.
S. Sánchez, A.M. De Miguel, R. Sáez, M. Martín-Santafé, B. Águeda, J. Barriuso, S. García-Barreda, D. Salvador-Alcalde y S. Reyna 20

Producción Animal

Caracterización y modelización de las cinco primeras semanas de lactación en ovejas de parto simple de raza Ojalada para la producción de Lechazo.
Characterization and modelization of the first five weeks of lactation of Ojalada ewes lambing single lambs for suckling lamb production.
J.A. Miguel, J.L. Calvo, J. Ciria y B. Asenjo 34

Relaciones entre los efectos del gen *BMP15* y los efectos poligénicos sobre la prolificidad en la raza ovina Rasa Aragonesa.
Relationship between the effects of the BMP15 *gene and the polygenic effects on prolificacy in the Rasa Aragonesa sheep breed.*
S. Fathallah, J.L. Alabart, L. Bodin, M.A. Jiménez-Hernando, B. Lahoz, E. Fantova, I. David y J.J. Jurado 45

Economía Agraria

Estudio de la rentabilidad del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum*) en invernadero con el uso de sombreo.
Study of the performance of sweet pepper (Capsicum annuum) *crop in greenhouses with the use of shading.*
J. López-Marín, I. Porras, C. Ros y J.M. Brotons-Martínez 57

El valor de la certificación ISO 9001 en las Pymes españolas dedicadas a la producción agrícola: incidencia de la crisis económica.
The value of ISO 9001 certification in the Spanish small and medium enterprises belonging to the agriculture sector: the impact of the economic crisis.
J.M. Brotons y M.E. Sansalvador 72

Determinantes socioeconómicos y emocionales en el consumo de nuevos alimentos. Un estudio piloto.
Socio-economic and emotional determinants in the consumption of new food. A pilot study.
R. Barrena, T. García y N. López-Mosquera 88

Estado fitosanitario del azafrán en Aragón (España): insectos, ácaros, nematodos, virus, bacterias y malas hierbas

A. Cirujeda[1,2,*], Mª M. Coca-Abia[1,2], F. Escriu[1,2], A. Palacio-Bielsa[1,2], A.I. Marí[1], P. Zuriaga[1], J. Aibar[3], M. Luis-Arteaga[1] y C. Zaragoza[1]

[1] Unidad de Sanidad Vegetal, Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), Avda. Montañana 930, 50059 Zaragoza
[2] Unidad de Sanidad Vegetal, Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón, Instituto Agroalimentario de Aragón – IA2 – (CITA-Universidad de Zaragoza), Zaragoza, Spain
[3] Departamento de Ciencias Agrarias y del Medio Natural, Escuela Politécnica Superior de Huesca, Instituto Agroalimentario de Aragón – IA2 – (Universidad de Zaragoza-CITA), Zaragoza, Spain

Resumen

El azafrán cultivado en España está adquiriendo relevancia en las últimas décadas como producto de gran calidad, lo que requiere la selección de cormos (sus órganos reproductivos) sanos para la plantación con el objetivo de mantener un adecuado estado fitosanitario del cultivo. Este trabajo presenta un estudio del estado fitosanitario del azafrán en Teruel, donde el cultivo fue muy importante económica y socialmente. Además, este estudio pretende ser de utilidad para las zonas productoras con características agroclimáticas similares. Con dichos objetivos, se prospectaron 10 plantaciones comerciales de azafrán en 6 localidades del valle del Jiloca entre los años 2008 y 2011, estudiando la presencia de insectos, ácaros, nematodos, virus, bacterias y malas hierbas. El ácaro *Rhizoglyphus robini*, una de las plagas más importantes del azafrán, se detectó en los cormos y en el suelo en una parcela. También el nematodo *Aphelenchoides blastophtorus*, plaga en plantas ornamentales, se encontró abundantemente en cormos de dos parcelas. Se detectaron infecciones ocasionales de virus del género *Potyvirus* en el cultivo y en la mala hierba *Eruca vesicaria*. Las malas hierbas *Lolium rigidum* y *Descurainia sophia* podrían causar serios problemas de competencia al cultivo y se considera necesario realizar operaciones de escarda en otoño y en invierno. No se detectaron insectos nocivos ni bacterias fitopatógenas. La multiplicación vegetativa del azafrán hace aconsejable realizar muestreos, especialmente en los cormos antes de ser replantados, para detectar la presencia de ácaros, nematodos y virus que podrían ocasionar pérdidas de producción y calidad.

Palabras clave: *Rhizoglyphus robini, Aphelenchoides blastophtorus,* potyvirus*, Lolium rigidum, Descurainia sophia*, prevención.

Abstract

Phytosanitary status of saffron crop in Aragón (Spain): insects, mites, nematodes, viruses, bacteria and weeds

In the last decades, saffron produced in Spain is gaining relevance as a high-quality product, which requires the selection of healthy corms (the reproductive organ) for planting in order to maintain adequate phytosanitary status of the crop. In this work, the phytosanitary status of saffron was studied in Teruel (Aragón, Spain), where the crop has economic and social importance. Moreover, it aims to be useful for the production areas with similar agro-climatic characteristics. Ten commercial saffron plantations

* Autor para correspondencia: acirujeda@aragon.es
http://dx.doi.org/10.12706/itea.2016.001

in six locations of the Jiloca valley have been surveyed between 2008 and 2011 and the presence of insects, mites, nematodes, virus, bacteria and weeds was studied. The mite *Rhizoglyphus robini*, one of the most important pests of saffron, was detected in both corms and soil in one plantation. The nematode *Aphelenchoides blastophtorus*, pest in ornamental plants, was also found in corms in two plantations. Potyvirus infections were occasionally detected in both the crop and in the weed *Eruca vesicaria*. The weeds *Lolium rigidum* and *Descurainia sophia* could cause diminutions of the yield by competition, therefore, weeding operations are necessary in autumn and winter. No harmful insects and phytopatogenic bacteria were detected. Because reproduction is only possible through corm propagation, it is advisable to analyse the plants, especially the corms, before being re-planted, in order to detect the presence of mites, nematodes and virus that could reduce yield and quality decreases.

Key words: *Rhizoglyphus robini, Aphelenchoides blastophtorus,* potyvirus*, Lolium rigidum, Descurainia sophia*, prevention.

Introducción

El azafrán (*Crocus sativus* L.) pertenece a la familia Iridaceae, cuyo género comprende 85 especies distribuidas en áreas con inviernos fríos y veranos cálidos. El azafrán es una especie geófita de floración otoñal. Se caracteriza por un reposo estival, durante el cual la planta sobrevive a los períodos de sequía y altas temperaturas a través de sus cormos, que son sus estructuras reproductivas que permanecen bajo tierra y generan uno o varios cormos nuevos anualmente. El ciclo biológico comienza después de las primeras lluvias de otoño con el crecimiento vegetativo de la parte aérea, la emisión de hojas y flores, terminando con la producción de cormos de sustitución a finales de marzo. Contrariamente a otras especies del género *Crocus* que florecen en invierno-primavera, el azafrán florece en otoño, desde mediados de octubre hasta finales de noviembre, dependiendo de las condiciones climáticas.

El azafrán es una especia interesante debido a su agradable color, sabor y fragancia, y ha sido utilizada con fines medicinales, cosméticos y como tinte desde la edad de bronce tardía, cuando esta planta geófita fue domesticada (Ferrence y Bendersky, 2004). En la actualidad, el azafrán se produce en algunos países mediterráneos europeos como España, Italia y Grecia. En España fue cultivado tradicionalmente de forma masiva hasta los años sesenta, tanto en Castilla-La Mancha como en el valle del Jiloca (Teruel) y proporcionaba elevados ingresos (Pérez Bueno, 1989). Debido al despoblamiento de la zona rural, la superficie cultivada descendió desde 11.282 ha en 1930 (Pérez Bueno, 1989) a 200 ha en 2004 (Fernández, 2004). No obstante, la superficie se ha mantenido en 146 ha en 2012 en Castilla-La Mancha (MAGRAMA, 2013) y en Teruel, la creación de la Asociación de Productores de Azafrán del valle del Jiloca (AZAJI) en 2004 y de dos empresas especializadas son muestra del interés de potenciar este cultivo que dispuso de aproximadamente 15 hectáreas en la zona en el año 2014 (AZAJI, com. pers.), buscando ofrecer excelente calidad al consumidor. Se han llevado a cabo prospecciones de cormos para completar colecciones de germoplasma en cinco países productores y comercializadores de azafrán de la Unión Europea (UE) y en siete países no pertenecientes a ella (Fernández *et al*., 2011), lo cual demuestra el interés por este cultivo no sólo en España sino también en otros países como Grecia, Hungría, Francia, Italia, Azerbaiyán, Turquía, Egipto, etc. Si bien se ha avanzado notablemente en estudios genéticos, la información disponible desde el punto de vista de la sanidad vegetal sigue siendo escasa.

El cultivo del azafrán es perenne y en España la permanencia en el suelo tiene una duración de 3 a 4 años (Fernández, 2004). Con el paso del tiempo, la producción de la especia se reduce por el incremento de la competencia entre plantas por el agua y los nutrientes, así como por el menor tamaño de los cormos y su menor capacidad de florecer. Además, el azafrán es androestéril y se multiplica exclusivamente de forma vegetativa (Grilli Caiola y Canini, 2010), por lo que la selección apropiada de cormos y la revisión de su estado fitosanitario antes de replantarlos es esencial para la conservación de las mejores características morfológicas, productivas y de calidad. Los agricultores rechazan aquellos cormos podridos o dañados, lo que no permite descartar la posible existencia de patógenos no fácilmente visibles. En cuanto a las malas hierbas, no existen datos sobre las especies más frecuentes, más abundantes y más competitivas en este cultivo, exceptuando algunos estudios realizados en Irán (Kumar *et al*., 2009; Mesgaran *et al*., 2008). Sin embargo, este conocimiento es imprescindible para poder planificar bien las tareas de desherbado y contribuir a una elevada producción y calidad. Actualmente, se realiza un desherbado manual tradicional en combinación con el uso de pequeños aperos, pero es esencial el conocimiento de las malas hierbas más dañinas para poder realizar estas tareas de forma eficaz y en el momento adecuado.

Muchos insectos fitófagos pueden alimentarse de cultivos, llegando a ser plagas importantes. El estudio de la relación entre el insecto fitófago y el cultivo es importante para establecer estrategias de control adecuadas a las características biológicas, fisiológicas y agronómicas del cultivo. Como ya se ha mencionado, a diferencia de la mayoría de las plantas cultivadas y silvestres, el azafrán tiene la peculiaridad de presentar un ciclo otoño-invierno-primavera, floreciendo en otoño (octubre-noviembre). Esta característica puede llegar a ser ventajosa, ya que el período de floración no coincide con el máximo poblacional de insectos en el ambiente. No obstante, se han descrito en el azafrán algunas plagas de insectos (trips) y ácaros (*Rhizoglyphus robini*) que pueden afectar a las hojas y cormos en épocas de no floración (Shahrokhi *et al*., 2006). Además, el hecho de que sea una especie geófita la hace vulnerable a especies nocivas de invertebrados edáficos, como algunos ácaros y nematodos. Por otra parte, algunos invertebrados no edáficos, como pulgones, trips u otros nematodos, podrían actuar como vectores de enfermedades.

Además del posible papel de los vectores, la reproducción vegetativa obligada del azafrán constituye la vía más directa de dispersión de enfermedades, como las ocasionadas por virus y bacterias. En azafrán se han descrito infecciones naturales causadas por el virus del mosaico del nabo (TuMV del nombre en inglés: *Turnip mosaic virus*), el virus del mosaico amarillo de la judía (BYMV: *Bean yellow mosaic virus*) y otros miembros del género *Potyvirus* (familia *Potyviridae*). Frecuentemente, las infecciones por potyvirus son latentes en azafrán, sin la aparición de síntomas visibles (Grilli Caiola y Faoro, 2011). Otras especies de *Crocus* silvestres y ornamentales se han descrito también como huéspedes de potyvirus y de virus de otras familias, como el virus del mosaico del pepino (CMV: *Cucumber mosaic virus*), el virus del bronceado del tomate (TSWV: *Tomato spotted wilt virus*), el virus del cascabeleo del tabaco (TRV: *Tobacco rattle virus*) y el virus del mosaico del arabis (ArMV: *Arabis mosaic virus*). Todos ellos pueden transmitirse por propagación vegetativa, pero los potyvirus y CMV se transmiten además por pulgones, TSWV por trips, y TRV y ArMV por nematodos de las familias Trichodoridae y Longidoridae. Los citados aquí están presentes en España (Abelleira *et al*., 2010; Melgarejo *et al*., 2010) y, por tanto, podrían constituir un riesgo potencial para nuestros cultivos de azafrán.

La información acerca de las enfermedades bacterianas en el cultivo del azafrán es muy escasa, y la única bacteria fitopatógena descrita es *Burkholderia gladioli* pv. *gladioli* (anteriormente *Pseudomonas gladioli*) (Xu y Ge, 1990). Esta bacteria también afecta a otras especies del género *Crocus*, *Gladiolus* spp., *Freesia* spp., *Iris* spp. y a otros miembros de la familiia Iridaceae. *B. gladioli* pv. *gladioli* produce lesiones en las hojas y pudrición de los cormos. Las lesiones en hojas están a menudo localizadas en la porción basal de las mismas. En las fases iniciales de la infección se observan pequeñas manchas de color rojizo en las hojas, que posteriormente aumentan de tamaño y adquieren una coloración marrón oscura o negra, mostrando un ligero hundimiento en la zona central de la lesión. Las partes aéreas de la planta se desprenden del cormo con facilidad. En los cormos, las lesiones iniciales se muestran como áreas hundidas de color amarillo o anaranjado y, en fases avanzadas de la infección, tiene lugar la pudrición de los cormos que, al ser presionados, liberan exudados de color amarillento. *B. gladioli* pv. *gladioli* ha sido descrita en algunos países de Asia, América, África, Australia y Europa (CABI, 2012). Los brotes severos de la enfermedad pueden llegar a ocasionar importantes pérdidas (Fiori *et al.*, 2011). Recientemente se ha sugerido que otra posible especie del género *Burkholderia*, todavía no identificada, podría estar también asociada con las podredumbres blandas del azafrán en Italia (Fiori *et al.*, 2011).

El azafrán es un cultivo con un lento desarrollo y de porte escaso, lo que hace de él un competidor pobre (Soufizadeh *et al.*, 2007). La competencia con las malas hierbas provoca una reducción en la producción, e incluso la muerte del cultivo si ésta es muy elevada (Kumar *et al.*, 2009). Algunos autores consideran las malas hierbas como el principal problema de este cultivo (Ghorbani y Koocheki, 2007; Gresta *et al*., 2008). Las malas hierbas más dañinas podrían ser las especies con presencia en otoño que dificultan la cosecha de las flores y, por otro lado, aquellas especies que se desarrollan en la primavera hasta la desaparición de la parte aérea del cultivo en mayo, que conllevan una menor producción de cormos y flores en el otoño siguiente (Gresta *et al*., 2008). A pesar de su importancia, no existe información sobre las malas hierbas más frecuentes y abundantes en el cultivo de azafrán y, por tanto, no se ha determinado cuáles son las especies más problemáticas. No obstante, este conocimiento resulta imprescindible para poder planificar estrategias efectivas de control. También es necesario tener en cuenta que las malas hierbas pueden ser reservorios de virus que, a su vez, podrían ser transmitidos a las plantas de azafrán mediante insectos vectores (Cooper y Jones, 2006). Por ello, es importante acometer un estudio multidisciplinar para poder aportar información al respecto.

El objetivo de este trabajo es describir el estado fitosanitario del cultivo de azafrán en el valle del Jiloca (Teruel), prestando especial atención a insectos, ácaros y nematodos como potenciales plagas y/o transmisores de enfermedades, virus, bacterias y malas hierbas, así como a las posibles interacciones entre ellos.

Material y métodos

El estudio se ha llevado a cabo entre los años 2008 y 2011. Se han realizado prospecciones en 10 plantaciones comerciales de azafrán situadas en seis localidades del valle del Jiloca (Fuentes Claras, Blancas, Monreal del Campo, Peracense, Torrijo del Campo y Caminreal), situadas en la provincia de Teruel (España). En ellas se evaluó la presencia de insectos, ácaros, nematodos, virus y bacterias en la parte aérea del cultivo o en los cormos y en el suelo, así como las malas hierbas en las plantaciones (Tabla 1). Para llevar a cabo el estudio del estado fitosanitario de los cormos, éstos se extrajeron del suelo entre los años 2008 y 2010.

Tabla 1. Plantaciones comerciales de azafrán estudiadas en el valle del Jiloca (Teruel)
Table 1. Commercial saffron fields surveyed at the Jiloca valley (Teruel)

Localidad	Coordenadas UTM (x/y/z)	Tamaño de parcela (m^2)	Fechas de muestreos	Organismo estudiado
Fuentes Claras				
Parcela I	642846 / 4524306 / 930	600	Primavera 2008	A, I, N, V
			Verano 2008	A, N
			Otoño 2008	V
			Primavera 2010	B, V, MH
Parcela II	641762 / 4525675 / 913	1.000	Primavera 2008	I, V
			Verano 2008	B
			Otoño 2008	V
Blancas				
Parcela I	627198 / 4520315 / 1075	2.500	Primavera 2008	I, V
			Verano 2008	B
			Otoño 2008	V
Parcela II	626916 / 4520407 / 1089	5.500	Primavera 2008	A, I, N, V
			Verano 2008	A, B, N
			Otoño 2008	V
			Primavera 2010	B, MH
			Verano 2010	V
Monreal del Campo				
Parcela I	638466 / 4515353 / 949	5.000	Primavera 2010	MH
Parcela II	639023 / 14514877 / 938	200	Primavera 2010	A, B, N, V, MH
Parcela III	639581 / 4512622 / 952	1.800	Primavera 2010	MH
Peracense	630317 / 4499776 / 1231	1.000	Primavera 2010	A, B, N, V, MH
			Verano 2010	A, N
Torrijo del Campo	640308 / 4521075 / 923	1.400	Primavera 2010	MH
Caminreal	641239 / 4521693 / 920	3.500	Primavera 2010	MH

A: ácaros; B: bacterias; I: insectos; MH: malas hierbas; N: nematodos; V: virus.
Coordenadas UTM en European Datum 50.

Caracterización de insectos, ácaros y nematodos

Los muestreos se realizaron tanto en la parte epigea (hojas) como hipogea (cormos y suelo) del cultivo. Las muestras de la parte epigea se obtuvieron en cuatro parcelas durante dos períodos para maximizar la cobertura espacio-temporal en el área de estudio: primavera (marzo-abril) y otoño (octubre-noviembre) de 2008 (Tabla 1). La técnica empleada para la recogida de insectos fue el barrido con una manga entomológica de 25 cm de diámetro. Las muestras de hojas se recogieron manualmente, seleccionando aleatoriamente dos plantas por parcela. Para los muestreos de la parte hipogea del cultivo se recogieron 54 cormos. Aquellos que presentaron ácaros, u otra fauna de artrópodos en las cubiertas exteriores, se cortaron en láminas y se estudiaron bajo lupa binocular para detectar posibles áreas necrosadas. Se recogió una muestra de 100 ml de suelo. En las parcelas en las que no se observaron síntomas, las muestras se tomaron al azar, sin embargo en las parcelas con rodales o indicios de enfermedad, las muestras se tomaron en estas áreas sospechosas de la presencia de organismos nocivos. Se utilizó el embudo Berlese para aislar los artrópodos edáficos de las muestras de suelo. Muestras de suelo, cormo y hojas se enviaron al Laboratorio de Referencia de nematodos del Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid (CSIC) para la identificación de especies.

Caracterización de virus

Durante las prospecciones, realizadas en primavera y otoño (Tabla 1), se recolectó al azar un mínimo de 10 muestras foliares por parcela, siguiendo en cada una de ellas un itinerario predefinido. Igualmente, se recogieron hojas y flores de azafrán o de la flora arvense que mostraban síntomas atribuibles a una etiología viral (mosaicos, clorosis, deformaciones, estriados o rotura de color en flores, etc.). También se recolectaron cormos proporcionados por los agricultores, que habían sido previamente rechazados como material de propagación debido a la presencia de manchas necróticas, deformación o tamaño insuficiente.

Se analizó un total de 215 muestras por serología mediante ELISA (Clark y Adams, 1977) usando antisueros comerciales preparados para la detección general de potyvirus (Agdia, Elkhart, Indiana, EE. UU.) o para la detección específica de CMV, TuMV y BYMV (DSMZ, Braunschweig, Alemania).

Se prepararon extractos de las muestras positivas (diluidos en proporción 1:4 en 30mM Na_2HPO_4, 0,2% dietil-ditiocarbamato sódico, carborundo y carbón vegetal, ambos a 75 mg ml^{-1}) y se inocularon en una gama de 17 especies indicadoras pertenecientes a siete familias botánicas distintas: Amarantaceae, Asteraceae, Brassicaceae, Chenopodiaceae, Cucurbitaceae, Fabaceae y Solanaceae (el listado de especies se presenta en la Tabla 4). Las plantas se mantuvieron en invernadero bajo condiciones controladas al menos 30 días tras la inoculación, período durante el que se anotaron las reacciones observadas en cada huésped.

Caracterización de bacterias

En primavera y verano del período 2008-2010, se recolectaron muestras en parcelas ubicadas en seis localidades (Tabla 1). Se recogieron 882 cormos que presentaban daños, aunque solo se analizaron 54 de ellos, puesto que presentaban síntomas similares a los descritos para la infección por *B. gladioli* pv. *gladioli*. Los cormos se desinfectaron superficialmente mediante inmersión en hipoclorito sódico (0,5%) y se lavaron tres veces con agua destilada estéril. Se seleccionaron pequeños fragmentos del tejido próximo a las

lesiones (zona de avance) y se dilaceraron en 10 ml de agua destilada estéril. Las suspensiones resultantes se sembraron en medio de cultivo B de King (King *et al*., 1954) y se incubaron a 25ºC durante 72 h. Se seleccionaron aquellas colonias que presentaban el aspecto característico del género *Burkholderia* en este medio: color blanco cremoso y no fluorescentes bajo iluminación UV. Los aislados se purificaron y caracterizaron mediante pruebas bioquímicas y fisiológicas (Hildebrand *et al.*, 1973), amplificación por PCR con iniciadores específicos para *B. gladioli* (Furuya *et al*., 2002) y reacción de hipersensibilidad en tomate y tabaco (Klement y Goodman, 1967). La cepa tipo de *B. gladioli* pv. *gladioli* ATTC 10248 se utilizó como testigo en todas las pruebas. El poder patógeno de una selección representativa de estos aislados se confirmó mediante inoculación en cormos sanos desinfectados del modo descrito anteriormente. Se realizaron heridas en los cormos y se depositaron en ellas las suspensiones bacterianas (10^7 UFC ml^{-1}). Cada uno de los aislados bacterianos se inoculó en cinco cormos. Se incluyeron cinco cormos sanos inoculados con agua destilada estéril como control negativo y la cepa tipo de *B. gladioli* pv. *gladioli* ATTC 10248 se utilizó como control positivo. Los cormos inoculados se incubaron en una cámara de cultivo a 25ºC y en condiciones de humedad relativa próxima al 100% durante 6 días, observándolos regularmente para detectar posibles síntomas.

Prospecciones de malas hierbas

Después de haber iniciado ensayos de control mecánico en las parcelas de Fuentes Claras I y II y Monreal del Campo III entre los años 2007 y 2011 (Cirujeda *et al*., 2014), se decidió realizar una prospección en ocho parcelas comerciales de azafrán en primavera de 2010 (Tabla 1), cuando el azafrán estaba en su máximo desarrollo vegetativo aéreo. En todas las parcelas se había llevado a cabo algún tipo de escarda en las semanas o meses anteriores. Con la elección de esta época de muestreo se trató de identificar la flora infestante después de la cosecha del azafrán, momento en el cual se pueden detectar aquellas especies que no fueron controladas en el período anterior, o que germinaron con posterioridad a la escarda realizada. En los únicos trabajos encontrados en la bibliografía sobre esta temática, realizados en Irán (Shahrokhi *et al*., 2006), las prospecciones se llevaron a cabo en la misma época, lo que permite la comparación de ambos estudios. Debido al reducido tamaño de las parcelas se prospectaron los campos enteros. Para ello, dos personas entrenadas los recorrieron siguiendo transectos en zigzag, anotando las especies de malas hierbas encontradas, su abundancia media en la parcela y el porcentaje total de cobertura del suelo por el conjunto de especies. Se utilizó la flora de Carretero (2004) para la identificación de especies.

Resultados

Insectos

En la plantación I de Fuentes Claras la abundancia de insectos fue mayor que en el resto de los campos, dominando la especie *Ceutorhynchus pulvinatus* (Coleoptera: Curculionidae: Ceutorhynchini), seguida de los Hymenoptera y Diptera (Tabla 2). En la plantación II de Blancas la abundancia fue intermedia, también con preponderancia de los Coleoptera, mientras que en la plantación II de Fuentes Claras (II) y la plantación I de Blancas la abundancia fue la más baja, y además, en esta última parcela, la riqueza taxonómica fue la menor (Tabla 2). En todas las plantaciones muestreadas los Hemiptera y Thysanoptera fueron poco abundantes. No se recogió ningún insecto cuando se muestreó la parte aérea del cultivo en la época de floración.

Tabla 2. Riqueza (nº de taxones) y abundancia (nº de individuos/taxón) de insectos encontrados en la estación vegetativa (primavera de 2008)
Table 2. Insect richness (taxon number) and abundance (individuals/taxon) found in the saffron fields during the vegetative phase (spring 2008)

Localidad	Fuentes Claras		Blancas	
Parcela	I	II	I	II
Ceutorhynchus pulvinatus	293	7	0	57
Otros Coleoptera	84	16	4	43
Hymenoptera	110	14	4	29
Diptera	106	19	0	35
Hemiptera	10	3	1	6
Thysanoptera	12	2	1	5

Ácaros

En la plantación II de Monreal del Campo se encontró una gran abundancia de individuos de *Rhizoglyphus robini* (Acaridae) tanto en el suelo como en la corteza de los cormos y en zonas necróticas de éstos en el muestreo realizado en primavera. Este ácaro no se detectó en ninguna muestra de cormos y suelo procedentes del resto de las parcelas.

Nematodos

En total se identificaron 22.441 ejemplares de nematodos procedentes de muestras de suelo y cormos, representando a 11 géneros y ocho familias (Tabla 3 y 4). Las muestras de suelo mostraron mayor riqueza específica de nematodos que los cormos. Sin embargo, la mayor abundancia se obtuvo en las muestras de cormos, en las que la especie predominante fue *Aphelenchoides blastophtorus*, representando el 64,5% de la abundancia total. En la plantación II de Blancas y en la plantación II de Monreal del Campo la abundancia de esta especie fue mucho mayor que en el resto de las parcelas. En todas las muestras de suelo se detectaron *Acrobeles*, *Acrobeloides* y *Aphelenchus avenae* aunque con baja abundancia. En las hojas solo se detectaron unos pocos especímenes de *A. blastophtorus* y Rhabditidos, en muestras procedentes de la plantación I de Fuentes Claras y plantación II de Monreal del Campo. En el resto de las parcelas no se encontró ningún nematodo parásito en hojas.

Virus

Durante las prospecciones realizadas en los períodos de cultivo 2007-2008 y 2008-2009 (primavera y otoño de 2008, respectivamente) no se observaron síntomas en plantas de azafrán que fueran atribuibles a un origen viral. Solo se observaron de forma ocasional plantas con hojas retorcidas en espiral o con los ápices foliares de color amarillo en algunas de las parcelas. Estas alteraciones, sin importancia sintomatológica aparente, podían deberse a la emergencia de las plantas en un suelo extremadamente seco y duro. Dichas plantas fueron analizadas en laboratorio para descartar una posible etiología viral. En el período 2009-2010 (primavera de 2010) sólo se encontró en la parcela de II de Blancas una planta de la especie *Eruca vesicaria*

Tabla 3. Nematodos encontrados en muestras de 100 ml de suelo en cada parcela (2008/2010)
Table 3. Nematodes found in 100 ml soil samples in each plot (2008/2010)

		Fuentes Claras	Blancas	Monreal del Campo	Peracense
Familia	Género/Especie	I	II	II	
Aphelenchidae	*Aphelenchus avenae*	74	26	22	5
Aphelenchoididae	*Aphelenchoides*	2	–	–	–
Cephalobidae	*Acrobeles*	3	24	16	8
Cephalobidae	*Acrobeloides*	18	60	6	80
Cephalobidae	*Cephalobus*	–	7	10	14
Dorylaimidae	No identificado	–	40	60	38
Hoplolaimidae	*Helicotylenchus*	–	–	–	2
Hoplolaimidae	*Rotylenchus*	–	–	–	1
Qudsianematidae	*Ecumenicus*	6	–	–	–
Rhabditidae	No identificado	–	–	30	–
Rhabditidae	*Rhabditis*	9	–	5	14
Tylenchidae	*Psylenchus*	–	2	8	–
Tylenchidae	*Tylenchus*	–	10	–	2

Tabla 4. Nematodos encontrados en 5 cormos en cada parcela (2008/2010)
Table 4. Nematodes found in 5 corms in each plot (2008/2010)

		Fuentes Claras	Blancas	Monreal del Campo	Peracense
Familia	Género/Especie	I	II	II	
Aphelenchoididae	*Aphelenchoides blastophtorus*	212	6552	7623	68
Aphelenchidae	*Aphelenchus avenae*		17		
Cephalobidae	*Acrobeloides*				15
Rhabditidae	No identificado	18	77	7245	12

con mosaico y distorsiones foliares que indicaban una posible infección viral.

Se analizó por ELISA un total de 150 muestras foliares, 12 procedentes de flores y 49 procedentes de cormos de azafrán para detectar infecciones por CMV, los potyvirus TuMV y BYMV o cualquier otro potyvirus. De ellas, solo una muestra foliar y otra de cormo, ambas recogidas en la misma parcela de Monreal del Campo en primavera de 2010, resultaron positivas frente al suero general de potyvirus y al específico de TuMV. Además,

tres muestras foliares adicionales procedentes de germoplasma de *Crocus* sp. recolectado en el Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA) para su caracterización fueron positivas al suero general de potyvirus, detectándose en dos de ellas la presencia de BYMV.

Para confirmar la infección viral de las plantas que resultaron positivas por serología y descartar su infección por otros virus de transmisión mecánica, se inocularon extractos de dichas plantas en una gama de huéspedes indicadores. La reacción observada en ellos al inocular las dos muestras procedentes de Monreal del Campo y la muestra de *E. vesicaria* fue la esperada para TuMV (Tabla 5). Concretamente, se observó la inducción de mosaico sistémico en nabo (*Brassica rapa*), de lesiones locales cloro-necróticas sin aparición de síntomas de infección sistémica en tabaco (cvs. 'Xanthi nc', 'Samsun' y 'Paraguay') y de síntomas de infección local y sistémica en otras especies del género *Nicotiana*. No se observaron síntomas en rábano (*Raphanus sativus*). La infección por TuMV de varios huéspedes indicadores (*Chenopodium quinoa*, *Nicotiana clevelandii*, *N. megalosiphon* y *N. benthamiana*) inoculados con extractos de la planta de *E. vesicaria* se confirmó además por serología. La reacción observada al inocular muestras positivas para BYMV solo consistió en la aparición de manchas locales cloróticas en *C. quinoa*, *C. amaranticolor*, judía (*Phaseolus vulgaris*), haba (*Vicia faba*) y guisante (*Pisum sativum*), sin que se observaran síntomas de infección sistémica.

Por último, en otoño de 2012, una planta de azafrán procedente de cormos proporcionados por agricultores y mantenida en el herbario del CITA mostró rotura de color en flores y distorsión del eje de los pétalos. La inoculación de un extracto de estos pétalos en huéspedes indicadores reprodujo los mismos síntomas descritos anteriormente, característicos de la infección por TuMV.

Bacterias

No se observaron síntomas de infección bacteriana en las hojas. Solo 54 de un total de 882 cormos mostraban síntomas de pudrición (8%), aunque éstos no correspondían con el aspecto característico de la lesiones producidas por *B. gladioli* pv. *gladioli*. Se obtuvieron aislados bacterianos con las siguientes características: no fluorescentes en medio B de King, gram negativos, anaerobios estrictos, positivos para actividad oxidasa, reducción de nitratos e hidrólisis de gelatina y arginina; y negativos para la producción de indol. Estas características bioquímicas coinciden con las esperadas para *Pseudomonas* spp., pero no con las propias de *B. gladioli* pv. *gladioli*. No se obtuvo amplificación mediante PCR para ninguno de los aislados, mientras que se amplificó un fragmento del tamaño esperado (300 pb) para la cepa ATTC 10248 de *B. gladioli* pv. *gladioli* utilizada como testigo. Los aislados ensayados no indujeron reacción de hipersensibilidad en hojas de tomate o tabaco. No se observaron síntomas en los cormos inoculados con los aislados analizados ni con el control negativo de agua, mientras que en los controles positivos se observaron las pudriciones características. Por tanto, las bacterias estudiadas no eran fitopatógenas y correspondían a flora saprofita.

Infestación por malas hierbas

El porcentaje medio de cobertura del suelo por malas hierbas en las parcelas prospectadas en primavera fue de 27 ± 6,2%, lo cual es considerable teniendo en cuenta que en todos los campos se había llevado a cabo un desherbado manual o mecánico entre unos meses y unas semanas antes de la evaluación. Además, cabe tener en cuenta que el cultivo mostraba su máxima cobertura del suelo en el momento de realizar la prospección y las hojas mostraban su máxima capacidad competitiva.

Tabla 5. Reacción de una gama de huéspedes indicadores a la inoculación de muestras infectadas por TuMV (hojas, cormos y flores de azafrán, y hojas de *E. vesicaria*)
Table 5. Host range responses in inoculations from samples infected by TuMV (saffron leaves, corms, flowers and leaves of E. vesicaria)

Familia botánica	Huéspedes indicadores	Reacción[1] local / sistémica
Amarantaceae	*Gomphrena globosa*	LL n / 0
Asteraceae	*Lactuca sativa*	0 / 0
Brassicaceae	*Brassica rapa*	0 / M
	Raphanus sativus	0 / 0
Chenopodiaceae	*Chenopodium amaranticolor*	LLcn / Scn
	C. quinoa	LLcn / M
Cucurbitaceae	*Cucurbita pepo*	0 / 0
	Cucumis sativus	0 / 0
Fabaceae	*Vigna unguiculata*	0 / 0
Solanaceae	*Capsicum annuum* cv. 'Doux des Landes'	0 / 0
	Datura stramonium	0 / 0
	Nicotiana benthamiana	LLc / M
	N. clevelandii	LLn / M
	N. megalosiphon	LLc / Rcn
	N. tabacum cv. 'Paraguay'	LLcn / 0
	N. tabacum cv. 'Samsun'	LLcn / 0
	N. tabacum cv. 'Xanthi nc'	LLcn / 0
	Physalis floridana	0 / 0
	Solanum melongena cv. 'Cerna Krazavitza'	0 / 0
	S. melongena cv. 'Violette de Barbentane'	0 / 0

[1] c: clorótico(a); n: necrótico(a); cn: cloro-necrótico(a); LL: lesión local; M: mosaico; S: manchas; R: manchas anulares; 0: ausencia de síntomas.

Se identificaron un total de 43 especies, siendo la riqueza media de 13 ± 3,1 especies. *Lamium amplexicaule* fue la más frecuente (86% de las parcelas), seguida por *Diplotaxis erucoides* y *Descurainia sophia* (71%), *Veronica hederifolia, Papaver rhoeas, Medicago* spp. y *Eruca vesicaria* (57%) y *Anacyclus clavatus, Hordeum murinum, Crepis vesicaria, Malva sylvestris* y *Cirsium arvense* (43%). El resto de las especies de malas hierbas presentes se encontraron en frecuencias menores. La densidad media fue baja (2 ± 0,6% cobertura del suelo) exceptuando algunas especies que posiblemente causaron serios problemas de competencia: *Lolium rigidum* (densidad media, cuando presente, del 20%) y, en un segundo rango de abundancias, *D. erucoides*, *Stellaria media* e *Hypecoum procumbens* (6%) y *L. amplexicaule* (4%).

Discusión

Los resultados descritos confirman la existencia de organismos nocivos para el cultivo. El gorgojo *C. pulvinatus* fue el insecto más abundante y parece estar relacionado con las flores de especies pertenecientes a la familia de las Brassicaceae (DBIF, 2013). Al igual que los Hymenoptera y Diptera encontrados, *C. pulvinatus* no está citado como plaga en el azafrán. Asimismo, entre los insectos se han citado los trips como causantes de daños en plantaciones de azafrán. Concretamente *Thrips tabaci* puede desarrollarse en las hojas, alcanzando su máximo demográfico en los meses de marzo y abril (Shahrokhi *et al*., 2006). La ausencia de insectos en floración puede estar causada por las bajas temperaturas. Las especies de malas hierbas más frecuentes pertenecientes a esta familia fueron *D. erucoides* y *E. vesicaria*, muy abundantes en las áreas muestreadas, sobre todo en la plantación I de Fuentes Claras.

Por otro lado, los ácaros y nematodos podrían jugar un papel decisivo en la dispersión e incremento de daños causados por bacterias fitopatógenas en el cormo de la planta (Young, 1954; Forsberg, 1955, 1959). En efecto, el ácaro *R. robini*, considerado una de las plagas más importantes en el cultivo del azafrán (Shahrokhi *et al*., 2006) puede también albergar bacterias y hongos en el tracto digestivo llegando a ser un importante vector de enfermedades (Díaz *et al*., 2000). De hecho, se ha descrito la adquisición y retención de la bacteria fitopatógena *B. gladioli* pv. *gladioli* por *R. robini* (Poe *et al*., 1979). No obstante, el paso de bacterias y propágulos fúngicos viables a través del intestino del ácaro no es una evidencia suficiente para considerarlo como vector de enfermedades, especialmente porque también podrían estar involucrados otros mecanismos más complejos en la transmisión de bacterias y hongos. Beute y Benson (1979) sugieren que la microfauna del suelo puede producir daños radiculares contribuyendo a: i) crear vías de entradas de patógenos; ii) acumular inóculos en lugares de infección y iii) alterar la sensibilidad del huésped a la enfermedad. Esto coincide con nuestras observaciones en la plantación II de Monreal del Campo, donde *R. robini* fue especialmente abundante en el suelo y en la corteza de los cormos, lo que sugeriría que la infestación del ácaro podría proceder del suelo por penetración a través de la parte basal o de las cubiertas más internas de la corteza del cormo (Okabe y Amano, 1991). La amplitud de los mecanismos involucrados en la transmisión de enfermedades por este ácaro permanece sin determinar, ya que en nuestro estudio no se ha encontrado ninguna bacteria fitopatógena que pudiera ser transmitida por *R. robini*. No obstante, en caso de introducción en la zona de *B. gladioli* pv. *gladioli*, la presencia de *R. robini* podría contribuir a su dispersión.

Con respecto a los nematodos, gran parte del interés que despiertan radica en su relación con los hongos, bacterias y virus. En las muestras recogidas en este estudio, la mayoría de los nematodos encontrados fueron parásitos de plantas (*A. blastophthorus*) o pertenecientes a grupos tróficos bacterivoros (Rhabditidae, *Acrobeloides* sp.) y fungívoros (*A. avenae, Aphelenchoides* sp.). Los nematodos fungívoros podrían permitir el control de hongos patógenos de plantas. Por ejemplo, el control de *Rhizoctonia solani*, un hongo patógeno importante en el azafrán, podría conseguirse mediante la aplicación del nematodo *A. avenae* (Ishibashi y Choi, 1991; Lootsma y Scholte, 1997; Lagerlof *et al*., 2011) y algunas especies de *Aphelenchoides* (Lagerlof *et al*., 2011). *A. avenae* está presente en todas las muestras, lo que sugiere la posible existencia de una relación hongo-nematodo. *A. blastophthorus*, considerado como plaga en plantas ornamentales y en cultivos como la fresa (EPPO, 2008), fue muy abundante en cormos en la plantación II de Blancas y II de Monreal del Campo (Tabla 4). Por ello, esta especie de-

bería ser objeto de un seguimiento y control estricto en el cultivo del azafrán. Por otro lado, en muestras de suelo y cormos no se han identificado especies pertenecientes a Trichodoridae y Longidoridae, familias de nematodos que incluyen especies vectores de algunos virus, lo cual es coherente con la ausencia de muestras infectadas por estos virus en este estudio. En consecuencia, aunque los virus TRV y ArMV están presentes en España (Abelleira *et al*., 2010; Melgarejo *et al*., 2010), la ausencia de sus vectores impide que actualmente representen un riesgo para los cultivos de azafrán en el valle del Jiloca.

Sin embargo, se han detectado dos potyvirus, BYMV y TuMV, bien en hojas o cormos recolectados en campos de azafrán, o bien en cormos manejados por los agricultores como material de propagación. En primer lugar, BYMV se ha detectado al menos en dos cormos tanto por serología como por inoculación experimental, en la que las reacciones locales observadas fueron compatibles con las esperables para este virus (Bos, 1970), a pesar de no obtener reacción sistémica en ningún huésped. Se han encontrado, con cierta frecuencia, inclusiones citoplásmicas características de la infección por BYMV y por otros potyvirus en plantas no sintomáticas de azafrán o de otras especies de *Crocus* (Russo *et al*., 1979; Pisi y Bellardi, 1990; Grilli Caiola y Faoro 2011). Este tipo de infección latente también se ha encontrado en *C. cartwrightianus*, una especie probablemente progenitora del azafrán, por lo que dichas infecciones podrían estar causadas por cepas atenuadas de potyvirus, seleccionadas en azafrán a través de fenómenos de coevolución huésped-patógeno a lo largo de repetidos ciclos de propagación vegetativa (Grilli Caiola y Canini, 2010; Grilli Caiola y Faoro, 2011). Tales infecciones latentes podrían estar relacionadas con la reducción de vigor y rendimiento observados en azafrán tras algunos años de cultivo (Grilli Caiola y Faoro, 2011). La ausencia de infección sistémica en nuestras inoculaciones podría deberse a dichas cepas atenuadas de BYMV, que aunque detectadas por serología, no serían capaces de inducir una sintomatología sistémica aparente en azafrán o en el resto de huéspedes ensayados. En segundo lugar, se han detectado infecciones por TuMV en hojas y cormos de azafrán procedentes de campo, en cormos para propagación y en la especie arvense *E. vesicaria*, confirmadas por serología y mediante inoculación experimental (Tabla 5), en la que se reprodujo la típica reacción inducida por este virus (Tomlinson, 1970). La infección de *E. vesicaria* es destacable, ya que esta especie se ha encontrado con una frecuencia considerable (57% de los campos) en las prospecciones de flora arvense realizadas en este mismo trabajo, y por tanto, podría considerarse como un reservorio potencial de virus para subsiguientes infecciones del azafrán. Sin embargo, su densidad media cuando está presente en el campo es baja (0,3%), y su ciclo vegetativo no cubre el período de descanso vegetativo del azafrán, de modo que el propio azafrán, como huésped perenne (en su período vegetativo y geófito), se comportaría como un mejor reservorio para garantizar la supervivencia del virus que la especie arvense durante la estación estival. Por tanto, el papel de *E. vesicaria* como reservorio de virus parece tener poca relevancia epidemiológica. Por otro lado, los eventos de transmisión de potyvirus por pulgones tendrían pocas oportunidades de ocurrir en azafrán, ya que la mayor parte de su ciclo vegetativo tiene lugar en invierno, con escaso solape con el período típico en que se darían los niveles máximos de población de pulgones. De hecho, no se han encontrado pulgones, ni siquiera en primavera, entre las especies de insectos identificadas en el área de estudio de este trabajo. Todo ello, unido a la detección directa de potyvirus en material de propagación, indica que el origen más probable de estas infecciones en azafrán es su propia propagación vegetativa, y que la infección por TuMV de *E. vesicaria* respon-

dería a un evento esporádico y puntual de transmisión vectorial desde el azafrán.

A pesar de las operaciones manuales y mecánicas de control de malas hierbas después de la recolección de las flores del azafrán, la cobertura del suelo continuó siendo considerable en primavera, lo que demuestra la poca capacidad de competencia de este cultivo y la necesidad de mejorar los métodos de control. La riqueza específica media encontrada en los campos de azafrán fue mucho mayor que la de los campos de cereal en la provincia de Teruel (13 frente a 4,7) (Cirujeda *et al*., 2011). Teniendo en cuenta que una menor riqueza específica suele estar asociada a zonas de manejo intensivo, los resultados indican que el azafrán se cultiva de una forma muy extensiva en la zona. El cultivo parece ser gestionado de forma más intensiva en Irán, donde predominan las especies de gramíneas, constituyendo el conjunto de gramíneas anuales y perennes el 72% de las especies de malas hierbas (Vafabakhsh, 2001). La mayor diversidad observada en el valle del Jiloca ofrece, *a priori*, mayores posibilidades de control (Rassam *et al*., 2011), ya que cuando en una zona dominan pocas especies éstas suelen estar muy bien adaptadas a las técnicas de manejo habituales, lo que dificulta su control.

La especie más frecuente, *L. amplexicaule*, fue la quinta especie más abundante, mostrando la necesidad de su control para evitar pérdidas de rendimiento del cultivo. No obstante, esta especie tiene un tamaño pequeño en comparación con el de *L. rigidum* y *D. sophia*, por lo que posiblemente compita menos que éstas. A pesar de su menor frecuencia y abundancia, *L. rigidum* y *D. sophia* probablemente sean más problemáticas debido a su elevada capacidad competitiva, como también lo son *C. arvense* y *P. rhoeas*. En efecto, *L. rigidum* es una de las especies de malas hierbas más importante en campos de cereal de invierno tanto en Aragón (Cirujeda *et al*., 2011) como en el conjunto de España. Este hecho debería ser tenido en cuenta, ya que el azafrán se planta en rotación con cereal de invierno. Resulta llamativo que, a pesar de la distancia geográfica, *L. amplexicaule* y *D. sophia* fueron también clasificadas dentro del grupo de las 10 especies de más difícil control en este cultivo en dos de las tres regiones prospectadas en Irán, aunque en ese estudio las gramíneas más problemáticas fueron *Hordeum spontaneous* y *Bromus tectorum* (Shahrokhi *et al.*, 2006). También Mesgaran *et al*. (2008) encontraron una mayor representación de gramíneas en plantaciones de azafrán en solitario respecto a aquellas en las que el azafrán estaba combinado con otro cultivo.

Los resultados obtenidos confirman la necesidad de acometer estudios multidisciplinares, ya que se han detectado interacciones entre organismos potencialmente nocivos. Por ello es recomendable realizar el análisis de los cormos antes de ser replantados en nuevas parcelas con el fin de evitar la posible propagación de organismos nocivos para el cultivo. El ácaro *R. robini* que podría jugar un papel decisivo en la dispersión e incremento de daños causados por bacterias y hongos en el cormo, y puede ser detectado en el momento de la extracción del suelo. Las infecciones latentes por potyvirus podrían provocar reducciones prematuras de vigor en las plantaciones, por lo que se recomienda el análisis de al menos una muestra de los lotes de cormos destinados a la propagación. También es recomendable analizar el suelo de aquellas fincas de las que se vayan a extraer cormos, ya que la abundancia detectada del nematodo *A. blastophthorus*, considerado como plaga, hace que esta especie debiese ser objeto de un seguimiento y control estricto en el cultivo del azafrán del valle del Jiloca. Para prevenir posibles infecciones víricas es importante seguir los niveles poblacionales de trips y de otros insectos vectores de virus. La dominancia de especies de germinación

otoñal o primaveral, observada también por Mesgaran *et al*. (2008) en Irán, muestra que las tareas de desherbado en el área de estudio deben de ser efectuadas tanto en primavera como en otoño para evitar elevadas infestaciones, que pueden llegar incluso a ocasionar la muerte del cultivo (Kumar *et al*., 2009). Por tanto, se recomienda un desherbado inmediatamente después de la cosecha y otro en primavera, o bien mantener el suelo cubierto con algún tipo de acolchado o cubierta vegetal durante todo este período.

Dada la similitud climática y edáfica en todas las zonas productoras, que engloba como mínimo cinco países miembros de la UE y siete no pertenecientes a ella (Fernández *et al*., 2011), los resultados presentados en este trabajo resultarían de interés para todas ellas. No obstante, no se pueden descartar posibles diferencias en la presencia y/o abundancia de agentes patógenos entre las distintas zonas, por lo que sería muy interesante extender este tipo de estudios a estas otras áreas productoras de azafrán.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto PET 2007-14-C05-01 del INIA. Agradecemos la valiosa asistencia técnica de J.A. Alins, F. Arrieta, A. Ardevines, I.M. Berruete, M.M. López, M.C. Pasamar, J.A. Royo e I. Tenas Pérez. Agradecemos a V. Iraola la ayuda para la identificación de ácaros, M.A. Alonso-Zarazaga de Curculionidae y A. Navas de nematodos.

Bibliografía

Abelleira A, Mansilla JP, Padilla V, Hita I, Cabaleiro C, Bertolini E, Olmos A, Legorburu FJ (2010). First report of *Arabis mosaic virus* on grapevine in Spain. Plant Disease 94: 635.

Beute MK, Benson DM (1979). Relation of small soil fauna to plant disease. Annual Review of Phytopathology 17: 485-502.

Bos L (1970). Bean yellow mosaic virus. In: Descriptions of Plant Viruses on the web, no. 40. Association of Applied Biologists (Eds. D. Robinson, R. Mumford, M. Stevens, M. Adams). Disponible en http://www.dpvweb.net/dpv/showdpv.php?dpvno=40 (31 agosto 2013).

CABI (2012). CABI Edition, CAB Int., Wallinford, Reino Unido. Disponible en http://www.cabi.org/cpc (12 mayo 2015).

Carretero JL (2004). Flora arvense española. Phytoma, Valencia, España. 754 pp.

Cirujeda A, Marí AI, Aibar J, Fernández-Cavada S, Pardo G, Zaragoza C (2014). Experiments on mechanical weed control in saffron crops in Spain. Journal of Plant Diseases and Protection 121: 223-228.

Cirujeda A, Aibar J, Zaragoza C (2011). Remarkable changes of weed species in Spanish cereal fields from 1976 to 2007. Agronomy for Sustainable Development 31: 675-688.

Clark MF, Adams AN (1977). Characteristics of the microplate method of enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of plant viruses. Journal of General Virology 34: 475-483.

Cooper I, Jones RAC (2006). Wild plants and viruses: under-investigated ecosystems. Advances in Virus Research 67: 1-47.

Díaz A, Okabe K, Eckenrode CJ, Villani MG, Oconnor BM (2000). Biology, ecology, and management of the bulb mites of the genus *Rhizoglyphus* (Acari: Acaridae). Experimental and Applied Acarology 24: 85-113.

DBIF (2013). Database of Insects and their Food Plants. Biological Record Center. Disponible en http://www.brc.ac.uk/research.htm (2 junio 2015).

EPPO (2008). Schemes for the production of healthy plants for planting PM 4/11 (2). Certification scheme for strawberry. European and Mediterranean Plant Protection Organization. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin 38: 430-437.

Fernández JA (2004) Biology, biotechnology and biomedicine of saffron. Recent Research Developments in Plant Science 2: 127-159.

Fernández JA, Santana O, Guardiola JL, Molina R-V, Heslop-Harrington P, Borbely G (y 34 autores más) (2011). The world saffron and *Crocus* collection: strategies for establishment, management, characterisation and utilisation. Genetic Resources and Crop Evolution 58: 125-137.

Ferrence SC, Bendersky G (2004). Therapy with saffron and the goddess at Thera. Perspectives in Biology and Medicine 47: 199-226.

Fiori M, Ligios V, Schiaffino A (2011). Identification of *Burkholderia* isolates obtained from bacterial rot of saffron (*Crocus sativus* L.) grown in Italy. Phytopathologia Mediterranea 50: 450-461.

Forsberg JL (1955). The use of insecticides as corm and soil treatments for control of bacterial scab of gladiolus. Plant Disease Reporter 39: 106-114.

Forsberg JL (1959). Relationship of the bulb mite *Rhizoglyphus echinopus* to bacterial scab of gladiolus. Phyopathology 49: 538 (Abstract).

Furuya N, Ura H, Liyama K, Matsumoto M, Takeshita M, Takanami Y (2002). Specific oligonucleotide primers based on sequences of the 16S-23S rDNA spacer region for the detection of *Burkholderia gladioli* by PCR. Journal of General Plant Pathology 68: 220-224.

Ghorbani R, Koocheki A (2007). Organic saffron in Iran: prospects and challenges. Proceedings of the 2nd International Symposium on Saffron Biology and Technology, Mashhad, Iran. Acta Horticulturae 739: 369-373.

Gresta F, Lombardo GM, Siracusa L, Ruberto G (2008). Saffron, an alternative crop for sustainable agricultural systems. A review. Agronomy for Sustainable Development 28: 95-112.

Grilli Caiola M, Canini A (2010). Looking for saffron's parents (*Crocus sativus* L.). Functional Plant Science and Biotechnology 4, Special Issue 2: 1–14. Disponible en http://www.globalsciencebooks.info/JournalsSup/images/Sample/FPSB_4%28SI2%291-14o.pdf (15 mayo 2015).

Grilli Caiola M, Faoro F (2011). Latent virus infections in *Crocus sativus* and *Crocus cartwrightianus*. Phytopathologia Mediterranea 50: 175-182.

Hildebrand DC, Palleroni NJ, Doudoroff M (1973). Synonymy of *Pseudomonas gladioli* Severini 1913 and *Pseudomonas marginata* (McCulloch 1921) Stapp 1928. International Journal of Systematic Bacteriology 23: 433-437.

Ishibashi N, Choi DR (1991). Biological control of soil pest by mixed application of entomolpathogenic and fungivorous nematodes. Journal of Nematology 23: 175-181.

King EO, Ward MK, Raney DE (1954). Two simple media for the demonstration of pyocianin and fluorescein. Journal of Laboratory and Clinical Medicine 44: 301-307.

Klement Z, Goodman RN (1967). The hypersensitive reaction to infection by bacterial plant pathogens. Annual Review of Phytopathology 5: 17-44.

Kumar R, Singh V, Devi K, Sharma M, Sing MK, Ahuja PA (2009). State of the art of saffron (*Crocus sativus* L.) agronomy: a comprehensive review. Food Reviews International 25: 44-85.

Lagerlof J, Insunza V, Lundegardh B, Ramert B (2011). Interaction between a fungal plant disease, fungivorous nematodes and compost suppressiveness. Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science 61: 372-377.

Lootsma M, Scholte K (1997). Effects of the springtail *Folsomia fimetaria* and the nematode *Aphelenchus avenae* on *Rhizoctonia solani* stem infection of potato at temperatures of 10 and 15°C. Plant Pathology 46: 203-208.

MAGRAMA (2013). Anuario de Estadísticas Agrarias, 2012. Disponible en http://www.magrama.gob.es/estadistica/pags/anuario/2011/AE_2011_12.pdf (1 abril 2015).

Melgarejo P, Garcia-Jimenez J, Jorda MC, Lopez MM, Andres MF, Duran-Vila N (Eds) (2010). Patógenos de plantas descritos en España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid, Spain.

Mesgaran M, Mashhadi HR, Khosravi M, Zand E, Mohammad-Alizadeh H (2008). Weed community response to saffron-black zira intercropping. Weed Science 56: 400-407.

Okabe K, Amano H (1991). Penetration and population growth of the robine bulb mite, *Rhizoglyphus robini* Claparrède (Acari: Acaridae), on healthy and *Fusarium*-infectd rakkyo bulbs. Applied Entomoloy and Zoology 26: 129-136.

Pérez Bueno M (1989). El azafrán: cultivo, enfermedades, rendimientos, industrialización. Colección Agroguías Mundi-Prensa, Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España, 155 pp.

Pisi A, Bellardi G (1990). Ultrastructural study of cytoplasmic inclusions in plants infected with Potyviruses. Journal of Phyotpathology 130: 114-118.

Poe SL, Noble WE, Stall RE (1979). Acquisition and retention of *Pseudomonas marginata* by *Anoetus feroniarum* and *Rhizoglyphus robini*. En: Recent advances in acarology (Ed. JG Rodriguez), pp. 119-124. Academic Press, Nueva York, EE.UU.

Rassam G, Latifi N, Soltani A, Kamkar B (2011). Impact of crop management on weed species diversity and community composition of winter wheat fields in Iran. Weed Biology and Management 11: 83-90.

Russo M, Martelli GP, Cresti M, Ciampolini F (1979). Bean yellow mosaic virus in saffron. Phytopathologia Mediterranea 18: 189-191.

Shahrokhi MB, Rahimi H, Rashed MH (2006). Chapter 6: saffron pests, diseases and weeds. En: Saffron (*Crocus sativus*) production and processing (Eds. M. Kafi, A. Koocheki, MH Rashed, M. Nassiri), pp. 91-109. Science Publishers, EE.UU.

Soufizadeh S, Zand E, Baghestani MA, Sheibany K (2007). Integrated weed management in saffron (*Crocus sativus*). Proceedings of the IInd International Symposium on Saffron Biology and Technology, Mashhad, Iran. Acta Horticulturae 739: 369-373.

Tomlinson JA (1970). Turnip mosaic virus. En: Descriptions of plant viruses on the web, no. 8. Association of Applied Biologists (Eds. D. Robinson, R. Mumford, M. Stevens, M. Adams). Disponible en http://www.dpvweb.net/dpv/showdpv.php?dpvno=8 (31 agosto 2013).

Vafabakhsh K (2001). The effects of chemical and mechanical control of weeds in saffron fields on dynamics and productivity of weeds and saffron. BCPC International Conference on Weeds, 12-15 noviembre de 2001, Brighton, Inglaterra. British Crop Protection Council, pp. 329-332.

Xu CX, Ge QX (1990). A preliminary study on corm rot of *Crocus sativus* L. Acta Agriculturae Universitatis Zhejiangensis 16 (Suppl. 2): 241-246.

Young RA (1954). Fungicide-insecticide mixtures in preplanting corm treatments for control of bacterial scab of gladiolus. Plant Disease Reporter 38: 55-56.

(Aceptado para publicación el 14 de septiembre de 2015)

La trufa de verano en la península ibérica: estado actual y potencialidad de cultivo

S. Sánchez[1,*], A.M. De Miguel[2], R. Sáez[3], M. Martín-Santafé[1,4], B. Águeda[5], J. Barriuso[1], S. García-Barreda[6], D. Salvador-Alcalde[7] y S. Reyna[7]

[1] Unidad de Recursos Forestales, Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), Instituto Agroalimentario de Aragón – IA2 (CITA-Universidad de Zaragoza), Avda. Montañana 930, 50059, Zaragoza, España
[2] Departamento de Biología Ambiental, Universidad de Navarra, Irunlarrea 1, 31008, Pamplona, España
[3] INTIA, Serapio Huici 22, 31610, Villava, España
[4] Centro de Investigación y Experimentación en Truficultura de la Diputación de Huesca, Polígono Fabardo s/n, 22430, Graus, España
[5] Departamento de Ciencias Agroforestales, EU de Ingenierías Agrarias, Universidad de Valladolid, Campus Duques de Soria, 42004, Soria, España
[6] Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo, C/ Charles Darwin 14, Parque Tecnológico, 46980 Paterna, Valencia, España
[7] Departamento de Producción Vegetal, Universidad Politécnica de Valencia, Camino de la Vera s/n, 46022, Valencia, España

Resumen

La trufa de verano (*Tuber aestivum*, incluyendo *Tuber uncinatum*) es una especie de un gran valor económico y social, que se produce de modo silvestre en toda Europa, norte de África y parte de Oriente medio. Los esfuerzos de cultivo de esta especie en la península ibérica han permanecido en un segundo plano debido a las condiciones adecuadas de ciertos terrenos para cultivar especies de mayor valor económico, como la trufa negra (*Tuber melanosporum*). Sin embargo, la trufa de verano es una alternativa viable y muy productiva para zonas de dudosa aptitud para *T. melanosporum*. En este trabajo, mediante revisión bibliográfica, se ponen de manifiesto los siguientes aspectos: la distribución y ecología de *T. aestivum*, la situación actual del cultivo, así como las perspectivas de futuro propias de esta especie en la península ibérica. En rasgos generales, se ha constatado su mayor amplitud ecológica y geográfica en relación a la trufa negra y se ha observado que es un cultivo incipiente pero en crecimiento. Sin embargo, se ha deducido que aún es necesario realizar un gran esfuerzo para dar a conocer este producto tanto a cultivadores como a consumidores potenciales en España así como divulgar aspectos técnicos sobre la gestión de su cultivo.

Palabras clave: Cultivos alternativos, ecología de la trufa, hongos ectomicorrícicos comestibles, *Tuber aestivum*, *Tuber uncinatum.*

Abstract
Summer truffle in the Iberian Peninsula: current status and crop potential

Summer truffle (*Tuber aestivum*, including *Tuber uncinatum*) is a species of great economic and social value. Wild summer truffles are produced all over Europe, North Africa and part of the Middle East. This

* Autor para correspondencia: ssanchezd@aragon.es
http://dx.doi.org/10.12706/itea.2016.007

species has been underutilized in the Iberian Peninsula due to ability of certain areas to cultivate species of greater economic value, such as the black truffle (*Tuber melanosporum*). However, the summer truffle is an alternative species for areas where the black truffle is not well adapted. In this paper, the distribution and ecology of *T. aestivum*, the current situation and the future prospects of this crop in the Iberian Peninsula is reviewed. Summer truffle is a growing crop, well adapted in greater ecological and geographical areas than black truffle. However, it is still necessary to carry out further efforts to publicize it to both growers and consumers in Spain and to spread technical aspects of its management.

Key words: Alternative crops, truffle ecology, edible ectomycorrhizal fungi, *Tuber aestivum*, *Tuber uncinatum*.

Introducción

El término trufa suele referirse a las fructificaciones de los hongos del género *Tuber*, que son hipogeas y de las cuales algunas de ellas poseen un gran valor comercial. Al contrario de lo que sucede con otros hongos ectomicorrícicos comestibles y también muy apreciados como los *Boletus*, los níscalos (*Lactarius*) o los rebozuelos (*Cantharellus*), entre otros, el cultivo de algunas especies de trufas hoy en día es rentable. En todos los casos se trata de un cultivo agroforestal ecológico, que contribuye a la forestación de terrenos agrarios con árboles autóctonos de la cuenca mediterránea y está ampliamente demostrada su contribución al desarrollo de zonas rurales con escasos recursos (Boa, 2004; Sáez y De Miguel, 2008; Reyna, 2012).

Entre las especies de *Tuber* que crecen de modo espontáneo y se recolectan en España *T. melanosporum* Vittad. (trufa negra de invierno) es la especie de mayor valor económico (alcanza los 900 euros/kg pagados al recolector (Eliseo Palomar, com. pers.)), razón por la que está siendo cada vez más cultivada, superando actualmente las 10.000 hectáreas de cultivo, superficie que se incrementa cada año en un 10%, aproximadamente (Reyna y García-Barreda, 2014). España no es un país con tradición en el consumo de trufas, pero paradójicamente es uno de los mayores productores de *T. melanosporum* del mundo, con casi un 30% de la producción europea (Reyna y García-Barreda, 2014).

Tuber aestivum Vittad. (incluyendo *T. uncinatum* Chatin) o trufa de verano es una especie que se ha localizado prácticamente en todos los países europeos, por su capacidad para desarrollarse en una amplia gama de suelos, con variadas características físicas y químicas (Chevalier, 2012). Su área natural alcanza el oeste de Asia, donde ha sido citada recientemente en Turquía, Armenia y Azerbaiyán (Bagi y Fekete, 2010; Zambonelli *et al*., 2010) y el norte de África (Jeandroz *et al*., 2008). Es taxonómicamente cercana a *Tuber sinoaestivum* J.P. Zhang y P.G. Liu, la cual podría considerarse su especie vicariante en el centro y este asiático (Zhang *et al*., 2012). Esta amplia distribución es consecuencia de su alta plasticidad ecológica y favorece que esta especie pueda ser una alternativa a la producción de trufa negra perfectamente viable en aquellas zonas en las que el éxito del cultivo de esta última sea más incierto.

Respecto a la taxonomía de *T. aestivum*, la controversia que mayor atención ha requerido ha sido qué grado de parentesco atribuir a los dos ecotipos que existen (Wedén *et al.,* 2005; Molinier *et al*., 2013): *aestivum* y *uncinatum*. El primer ecotipo fructifica en verano y el segundo, más propio de zonas frías y de mayor altitud, lo hace en otoño-invierno. El ecotipo *uncinatum* es mucho más apreciado debido a su intenso aroma, alcanzando en España un precio de 200-400 euros pagados al recolector, frente a los 40-155 del ecotipo de verano (Salvador-Alcalde, 2014). A

pesar de estas diferencias, a lo largo del trabajo se empleará *T. aestivum* para hablar indistintamente de ambos ecotipos, si no se indica lo contrario.

Las producciones obtenidas en plantación de trufa de verano suelen ser muy superiores a las de *T. melanosporum* (Domizia Donnini, com. pers.), lo cual puede permitir compensar al trufícultor su menor precio de mercado. Además, el cultivo de *T. aestivum* permite prolongar el consumo de estos hongos, en fresco, durante el verano y el otoño, y con ello alarga la temporada de micoturismo rural en las plantaciones abiertas al público. Cabe comentar que debido a las altas temperaturas alcanzadas en época de fructificación, un alto porcentaje de carpóforos silvestres de *T. aestivum* presentan baja calidad organoléptica. Las plantaciones permitirían mejorar esta calidad, al aumentar la profundidad de fructificación con el labrado de los "quemados", que es la zona desprovista de vegetación que surge alrededor del árbol trufero causada por la acción alelopática del micelio extraradical del hongo. *Tuber aestivum* también representa una oportunidad de negocio para la agroindustria de producir alimentos trufados, que de momento está infrautilizada. Tanto el cultivo como la investigación en *T. aestivum* está creciendo en Europa a ritmo acompasado, lo que ha originado la formación de un grupo de científicos de todos los países de Europa, el TAUESG (Tuber Aestivum/Uncinatum European Scientific Group), que se reúne anualmente desde el año 2009 para exponer y discutir los avances científicos y promover investigaciones a nivel global. Todo ello demuestra que la trufa de verano es en la actualidad un recurso con interés, sobre el cual existen todavía muchos aspectos desconocidos y que incluso deben de ser legislados. En esta dirección, el presente trabajo, además de identificar las zonas de producción silvestre de la trufa de verano, tiene como objetivo determinar la situación actual de su cultivo y las posibilidades de expansión del mismo en España.

Revisión bibliográfica

Se han abordado tres perspectivas diferentes para la obtención de la información: 1) presencia espontánea de la especie y condiciones ambientales, 2) detección en estado micorrícico o fructificación como acompañante de plantaciones de trufa negra y 3) desarrollo e implicación del sector viverista en la producción de plántulas de la especie y su instalación. Para abordar estos aspectos se ha realizado una revisión bibliográfica y recopilación de las condiciones ecológicas en las que se desarrolla *T. aestivum* en España, incluyendo los simbiontes arbóreos a los que se asocia, y comparando estos datos con otros países europeos. Se han compilado las citas de esta especie, por provincias, incluyendo trabajos científicos, libros y material depositado en herbarios, principalmente PANDO, GBIF y DMS (ver bibliografía). Además, se han recopilado las citas bibliográficas en España referentes a los análisis de ectomicorrizas realizados sobre masas forestales y plantaciones truferas de *T. melanosporum* en los que se han detectado ectomicorrizas de *T. aestivum*, comprobando la frecuencia de aparición de las mismas, como dato de su presencia en la península e indicador de la aptitud de los terrenos hacia su producción. La información recopilada sobre el sector viverista español proviene principalmente de un trabajo reciente en el que se realizaron encuestas sobre producción y venta de planta micorrizada con trufa de verano (Salvador-Alcalde, 2014).

Ecología de *T. aestivum* en la península ibérica

Los parámetros ecológicos determinantes para el desarrollo de: *T. aestivum* (a nivel global y en la península ibérica) y *T. melanosporum* (a nivel global), se encuentran detallados en la Tabla 1. A su vez, la Figura 1 recoge las

Tabla 1. Parámetros ecológicos de las zonas en que habita *T. aestivum* en España y en el mundo y *T. melanosporum* en el mundo
Table 1. Ecological parameters of the areas where T. aestivum *grows in Spain and in the world and* T. melanosporum *in the world*

Parámetro	*T. aestivum* España*	*T. aestivum* mundo**	*T. melanosporum* mundo***
Altitud, msnm	50-1.600	0-1.600	400-1.200
pH	7,12-8,45	(5,9) 7-8,5	7,5-8,5
Textura principal	de franca a franco-limosa-arenosa-arcillosa	de franca a franco-limosa-arenosa-arcillosa	de franca a franco-limosa
Materia orgánica, %	2-24	1-22	1-8
Precipitación, mm			
Anual	400-1500	400-1.550	400-1.500
Estival	–	–	75-185
Temperatura media, ºC			
Anual	<10-18	6,8-11,5	8-15
Del mes más frío	<2-12	>0	1-8
Del mes más cálido	<20-24	–	16,5-23

* Morcillo *et al.*, 2007; Salvador-Alcalde, 2014.

** Chevalier y Frochot, 1997; Hall *et al.*, 2007; Stobbe *et al.*, 2013b.

*** Colinas *et al.*, 2007; García-Barreda *et al.*, 2012; Serrano-Notivoli *et al.*, 2015.

citas de localización de carpóforos por provincias en la península ibérica, tanto de *T. melanosporum* como de *T. aestivum* y las zonas en las que esta última especie se ha implantado y/o se han detectado sus micorrizas. Puede observarse que el rango ecológico de *T. aestivum* es más amplio que el de *T. melanosporum* en todos los parámetros revisados y su presencia de modo natural en un número mayor de provincias confirma esta apreciación. Superponiendo las zonas de producción silvestre de ambas especies se detecta un grupo de provincias (Asturias, Cantabria, País Vasco, León, Palencia, Valladolid, Madrid, las provincias de la mitad oeste de Andalucía y Mallorca) en las que parece razonable plantearse el cultivo de *T. aestivum* como alternativa a la trufa negra y es, efectivamente, en algunas de ellas donde han comenzado a establecerse plantaciones (Salvador-Alcalde, 2014; Reyna, datos no publicados).

La presencia de *T. melanosporum* se limita a zonas calcáreas con suelos bien drenados, con pH subalcalino (7,5 a 8,5), con bajo porcentaje de materia orgánica (entre 1 y 8%, según Colinas *et al*., 2007), entre los 400 y los 1.200 msnm con precipitaciones desde los 400 a los 1.400 mm anuales y con presencia de tormentas estivales (Serrano-Notivoli *et al.,* 2015). En cambio *T. aestivum* puede desarrollarse en suelos con mayor contenido de arcilla y limo, con mayor porcentaje de materia orgánica, con un pH entre 7,0 y 8,5 (Chevalier y Frochot, 1997), incluso a pH 5,9



Figura 1. Presencia de carpóforos silvestres de *T. aestivum* (Ta) y *T. melanosporum* (Tm), de ectomicorrizas de *T. aestivum* (ECMTa) y zonas en las que se han implantado plantaciones de *T. aestivum* (ZITa) en la península ibérica y las islas Baleares.
Figure 1. Presence of wild fruiting bodies of T. aestivum *(Ta) and* T. melanosporum *(Tm), of ectomycorrhizae of* T. aestivum *(ECMTa) and areas that have* T. aestivum *(ZITa) plantations in the Iberian Peninsula and Balearic Islands.*

en Hungría (Gogan *et al*., 2012), desde el nivel del mar hasta los 1.600 msnm, dependiendo principalmente de la latitud y la orientación (Stobbe *et al*., 2013b), con precipitaciones entre los 400 y los 1.500 mm anuales y menor dependencia de las tormentas estivales (Stobbe *et al*., 2013b). Dentro de estos abanicos de caracteres ecológicos, el ecotipo *T. uncinatum*, suele encontrarse en las cotas más altas, con suelos más sueltos y mayor porcentaje de materia orgánica, en ambientes sombreados, bosques más cerrados, zonas con veranos más frescos y con lluvias frecuentes (Bencivenga y Baciarelli-Falini, 2012). En Francia, los suelos en los que fructifica el ecotipo *T. uncinatum* son generalmente menos ricos en caliza que los de *T. melanosporum* (Chevalier y Sourzat, 2012). Respecto al binomio espesura de la masa/insolación del suelo, según Sourzat (2004), *T. aestivum* se comporta en muchas localidades de manera semejante a *T. melanosporum*, apareciendo

las truferas silvestres como árboles aislados en campos abandonados, eriales y laderas, en las que la vegetación arbórea tiene dificultades para establecerse. También es capaz de aparecer en ambientes más sombreados: bosques jóvenes poco densos, claros en bosque adulto, etc. (Sourzat, 2004). Llama la atención que *T. aestivum* haya sido localizada en la isla de Mallorca (por su distancia con otras poblaciones establecidas en la península, de las que podrían provenir las esporas), donde además ya ha comenzado a cultivarse, y en la provincia de Lisboa, ya que de acuerdo a los datos obtenidos de GBIF (2015), la población más cercana a ésta segunda está ubicada en el oeste de la provincia de Valladolid a más de 400 kilómetros, por lo que se desconoce su origen.

En la revisión bibliográfica realizada sobre los simbiontes existentes en zonas de producción silvestre y utilizados en plantaciones en Europa (Tabla 2) se han localizado 31 especies que pertenecen a 18 géneros distintos (12 especies de 8 géneros en España), capaces de establecer simbiosis micorrícica con la trufa de verano, aunque no de todos se conoce su funcionamiento en cultivo (Chevalier, 2010). En algunos casos se están ensayando otros simbiontes arbóreos de procedencia diferente a las regiones nativas de *T. aestivum* con prometedores resultados, como es el caso del nogal pecanero (*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch) (Benucci *et al*, 2012a). En ausencia de inventarios exhaustivos de esta especie en España, las citas de las que se dispone se corresponden a una gama limitada de simbiontes, en comparación con el gran conocimiento que existe en otras partes de Europa. No obstante, esta información es útil, ya que muchas de las especies arbóreas silvestres potencialmente simbiontes de *T. aestivum* están presentes en España (Tabla 2). Futuras prospecciones probablemente amplíen el listado de especies vegetales que pueden formar micorrizas con *T. aestivum* en la península ibérica. Este hecho se refleja en la actividad viverística, que ofrece un número bajo de especies arbóreas micorrizadas con *T. aestivum* (Reyna, datos no publicados) debido en parte a que se sigue el mismo patrón de cultivo de la trufa negra, que se centra en *Quercus ilex* L. y *Q. faginea* Lam.

Presencia de trufa de verano en plantaciones de trufa negra

Los trabajos pioneros sobre ectomicorrizas en plantaciones truferas, como los de Giraud (1979 y 1988), ya citan a *T. aestivum* como especie competidora de plantaciones de *T. melanosporum*. Principalmente se debe a la invasión natural por inóculo presente en el entorno, aunque en algún caso podría tratarse de un error de micorrización de planta en el vivero. Muchos autores (recopilado por de Miguel *et al*., 2014) señalan el gran poder competidor de este hongo y su capacidad de desplazar a las micorrizas de la trufa negra, tanto en plantaciones como en truferas silvestres, principalmente cuando éstas se cierran y disminuye la insolación recibida sobre los quemados. Otros factores que influyen en la involuntaria sustitución de truferas "de invierno" por truferas "de verano" parecen ser el déficit crónico de pluviometría en primavera y verano que sufren ciertas zonas truferas (Sourzat, 2004) y la sobreexplotación de la trufa de invierno silvestre unida a la falta de recolección de la de verano por su menor precio, manteniendo mucho más inóculo de esta última en el suelo (Eliseo Palomar, com. pers.).

En España, se han detectado micorrizas de *T. aestivum* en la práctica totalidad de los trabajos realizados sobre plantaciones truferas de *T. melanosporum*. La revisión de trabajos realizados en España sobre ectomicorrizas de árboles de plantaciones de trufa negra, tanto de encinas (*Q. ilex*) como único simbionte (De Miguel, datos no publicados; Domínguez-Núñez *et al.,* 2005; Águeda *et al.,* 2010; González-Armada *et al.,* 2010; Sánchez, 2008 y 2012; Sánchez *et al*., 2014), así como mixtas de encina y avellano (Etayo y De

Tabla 2. Simbiontes silvestres y cultivados de *T. aestivum* en Europa
Table 2. Wild and cultivated symbionts of T. aestivum *in Europe*

País	Simbiontes	Referencias
Alemania	*Picea abies* L.H. (Karst.)	Stobbe *et al.* (2013a)
Austria	*Carpinus betulus* L., *Corylus avellana* L., *Fagus sylvatica* L., *Pinus nigra* J.F. Arnold, *Q. pubescens* Willd., *Q. robur* L., *Quercus cerris* L., *Quercus petraea* (Matt.) Liebl, *Tilia cordata* Mill.	Pla y Urban (2009); Urban y Pla (2010)
Bulgaria	*C. betulus*, *F. sylvatica*, *Fraxinus ornus* L., *Ostrya carpinifolia* Scop., *Q. cerris*, *Q. robur*.	Marjanović (2008)
Dinamarca	*Fagus* sp., *Quercus* sp., *Tilia* sp.	Lange (2001)
Eslovaquia	*C. avellana*, *C. betulus, F. sylvatica*, *P. nigra*, *Q. petraea*, *Q. robur*	Streiblova *et al*. (2010); Gažo *et al*. (2012)
Eslovenia	*C. avellana*, *C. betulus*, *O. carpinifolia*, *Q. cerris*, *Q. petraea*, *Q. pubescens*, *Q. robur*, *T. cordata, Tilia platyphyllos* Scop.	Jurc *et al*. (2005); Grebenc *et al*. (2008; 2010)
España	*Aesculus spp*., *C. avellana, Castanea sativa Mill., Cistus laurifolius L., P. nigra*, *P. sylvestris* L., *Pinus halepensis Mill., Platanus* sp., *Q. faginea, Q. ilex, Quercus coccifera L., T. platyphyllos*	García-Montero *et al*. (2014); datos de herbarios recopilados
Finlandia	*Q. pubescens*	Shamekh y Turunen (2011)
Francia	*Cedrus atlantica* (Endl.) Carrière, *C. avellana*	Sourzat (2010)
Grecia	*C. betulus*, *F. ornus*, *F. sylvatica*, *O. carpinifolia*, *Q. cerris*, *Q. robur*	Marjanović (2008)
Hungría	*C. avellana*, *C. betulus*, *P. nigra*, *Q. cerris*, *Q. robur*.	Bratek *et al*. (2010); Gogan *et al*. (2012)
Irlanda	*Betula pendula* Roth, *F. sylvatica*, *Quercus* sp.	Cullen *et al*. (2009)
Italia	*Acer* sp., *Carpinus* sp., *C. betulus*, *C. avellana*, *Corylus colurna* L., *Cistus incanus*, *Cistus ladanifer* L., *Fraxinus* sp., *O. carpinifolia*, *P. halepensis*, *P. pinea* L., *Populus* sp., *Q. cerris*, *Q. ilex*, *Q. petraea*, *Q. pubescens*, *Tilia* sp., *Ulmus* sp.	Pomarico *et al*. (2007); Gregori (2010); Baciarelli-Falini *et al*. (2012); Benucci *et al*. (2012b); Salerni *et al*. (2014)
Letonia	*Betula* sp., *C. avellana*, *Q.robur*, *T. platyphyllos*	Meiere *et al*. (2010)
Lituania	*Q. robur*	Katarzyte (2010)
Polonia	*C. avellana*, *C. betulus*, *F. sylvatica*, *Q. robur*, *T. platyphylos*	Hilszczanska (2008); Hilszczanska y Sierota (2010)
Portugal	*Q. coccifera*, *Q. ilex*	Vidal (1999)

Tabla 2. Simbiontes silvestres y cultivados de *T. aestivum* en Europa (continuación)
Table 2. Wild and cultivated symbionts of T. aestivum *in Europe (continuation)*

País	Simbiontes	Referencias
Reino Unido	*C. avellana*, *Q. robur*	Thomas (2010)
República checa	*Carpinus* sp.	Gryndler *et al*. (2013)
Rumanía	*F. sylvatica*, *Quercus* sp.	Lucian *et al*. (2012)
Serbia	*C. betulus*, *F. ornus*, *F. sylvatica*, *O. carpinifolia*, *Q. cerris*, *Q. robur*	Marjanović (2008); Piñuela (2012)
Suecia	*C. avellana*, *Q. robur*	Wedén *et al*. (2004)
Yugoslavia	*C. betulus*, *Q. cerris*, *Q. robur*	Milenković y Marjanović (2000)

Miguel, 2001; De Miguel y Sáez, 2005), permite estimar en un 10% el conjunto de árboles de las plantaciones que albergan *T. aestivum* aunque esta especie no fuese el objeto de cultivo. El reemplazo de una especie por otra se incrementa año tras año, por lo que muchos truficultores, ante la detección de *T. aestivum* plantean incluso la retirada del árbol para evitar la propagación. Se trata, por tanto, de uno de los hongos más frecuentes en plantaciones de trufa negra, cuyo poder competidor está aún por determinar, ya que se ha detectado tanto en árboles productores de carpóforos de *T. melanosporum* como en no productores y se da la circunstancia que incluso alguno de ellos produce ambos tipos de trufa (Eliseo Palomar, com. pers.). Las citas de carpóforos y ectomicorrizas por un lado, y las características ecológicas de *T. aestivum* por otro, confirman el grado de adaptación de la especie y, por lo tanto, su potencialidad de desarrollo en España.

Producción actual de trufa de verano y de planta micorrizada

La producción total de trufa de verano en España, procedente en un 95% de áreas silvestres, se estima entre 5 y 30 toneladas anuales (Reyna, 2009). Estas cifras contrastan con las de trufa de invierno, de la cual se producen entre 4 y 80 t/año (Reyna, 2012), que proceden mayoritariamente de plantaciones (Reyna y García-Barreda, 2014). La mayoría de los comerciantes de trufas coinciden en afirmar que *T. aestivum* corresponde a un 20 – 30% del comercio total de trufas en España (Salvador-Alcalde, 2014).

En España, existen ocho empresas que venden planta micorrizada con *T. aestivum.* Las especies arbóreas inoculadas son: encina (*Q. ilex*), quejigo (*Q. faginea*), pino (*Pinus* spp.) y avellano (*C. avellana*). La cantidad de planta producida en cada vivero es muy variable y, según Reyna (datos no publicados), oscila entre 200 y 15.000 plantas, alcanzando un total para España de entre 20.000 y 27.000 plantones al año. Considerando dicho número de plantas, colocadas a un posible marco de plantación de 6x6m (250 pies/ha), se estima un ritmo de plantación de 80-100 ha anuales y una superficie cultivada total de aproximadamente 500 ha. El número de plantas que se producen es aún muy bajo, frente a las 250.000 de *T. melanosporum*, aunque algunos viveros exportan gran parte de su producción. De todos modos existe un mercado interno de planta micorrizada por trufa de verano, que se extiende principal-

mente hacia zonas del este peninsular en las que la especie se encuentra de forma natural y no son aptas para el cultivo de *T. melanosporum*; secundariamente comienza a cultivarse también en zonas con menor tradición recolectora de trufas del centro-oeste peninsular (ver figura 1). La oferta de especies simbiontes en España es escasa en comparación con la de Francia e Italia, indicando que la truficultura de trufa de verano en España se encuentra en un estado aún inicial. En esos países se produce planta micorrizada por *T. aestivum* con 11 especies diferentes (Bencivenga y Baciarelli-Falini, 2012), frente a las 4 de España (Reyna, datos no publicados). La planta micorrizada que se vende en España suele prepararse en contenedores de un único volumen (450 ml) a un precio de 3-6 euros/planta (Reyna, datos no publicados). Estos datos contrastan con una oferta más amplia de volúmenes de contenedor en Francia, llegando hasta los 3 litros para plantas de 2-3 años, y precios bastante más elevados de 10-15 euros/planta (Agritruffe, 2015; Robin Pépinières, 2015). En Italia los precios oscilan entre los 8 y los 11 euros/planta (Domizia Donnini, com. pers.).

Situación actual del cultivo de trufa de verano

En España la mayor parte de las plantaciones de *T. aestivum* se manejan de un modo muy similar a las de *T. melanosporum*, por lo que la plantación tipo sería de encinas, con un marco de 6x6m (250 pies/ha aprox.) y manejadas con una poda que permita la insolación de los quemados (Salvador-Alcalde, 2014). Por regla general debería tenerse en cuenta la experiencia de otros países y la ecología de *T. aestivum* y aumentar la densidad a los 600-1000 pies/ha, promover el sombreado del suelo mediante podas menos agresivas o empleando especies arbóreas con follaje más denso o alguna combinación de todas estas opciones (Chevalier y Frochot, 1997; Bencivenga y Baciarelli-Falini, 2012). Estas observaciones pueden ser confirmadas por el desplazamiento que sufre la trufa negra por la trufa de verano en los bosques que se cierran por la falta de pastoreo y poda. En todos estos años, en España no se ha avanzado en el manejo de las plantaciones ni se dispone de datos de la evolución ni la producción real de las mismas. Las técnicas de cultivo deben adecuarse a las condiciones particulares de cada plantación, por lo que no pueden darse pautas generales que aseguren el éxito si bien la selección de hábitats es vital para asegurar el éxito de las futuras plantaciones. Aunque la trufa de verano es un hongo competidor en plantaciones de trufa negra, sus propias plantaciones no están exentas de este peligro, que aumenta con la edad de los árboles (De Miguel *et al*., 2014), pero que mientras se mantengan las micorrizas de trufa la producción no parece verse afectada (Benucci *et al*., 2011).

Tuber aestivum es una especie muy productiva, con una media cercana a los 50 kg/ha/año (Domizia Donnini, com. pers.), muy superior a la producción media de *T. melanosporum*, que ronda los 10 kg/ha/año, ambos valores referidos a plantaciones en secano. La mayor producción podría compensar su menor precio de mercado.

El incremento de la aridez y el calentamiento global debido al cambio climático puede provocar en un futuro que muchas de las zonas más sureñas y más secas de la distribución de *T. melanosporum* se transformen hacia *T. aestivum* (Büntgen *et al*., 2011). Esta tendencia puede ser aprovechada tratando de realizar una mejor gestión del recurso. Las densidades de plantación exigidas por la PAC para forestación de tierras agrarias son muy adecuadas para *T. aestivum*, por lo que puede cumplir mejor los objetivos relacionados con la lucha contra la erosión y la desertificación en general. Además, su mejor afinidad con especies forestales pioneras, género *Pinus* fundamen-

talmente, la hace mucho más adecuada para su uso en trabajos de reforestación con objetivos multifuncionales (Benucci *et al*., 2012b). Por lo tanto, *T. aestivum* puede ser una especie de gran interés para reforestación cuando se requieren espesuras elevadas.

Perspectivas de futuro

En España, con una tardía incorporación al entorno culinario de la trufa, no se ha desarrollado plenamente un recetario típico y no existen en el país platos tradicionales trufados como en Francia o Italia con al menos 300 años de tradición en este tema (Reyna y Herrero, 2012). El avance de la truficultura en España ha conllevado un leve incremento en el consumo interior, en el que se aprecia cierto dinamismo que ha llevado al desarrollo de productos derivados de excelente calidad como aceites, quesos y patés, entre otros. Pese a este incremento en el consumo, se estima que menos del 10% de la producción de trufas queda en el mercado español (Reyna, 2009). Al respecto, *T. aestivum* podría cumplir este papel de iniciación gastronómica al ser un producto de precio menor y, a la vez, poseer una excelente calidad, si se utiliza adecuadamente. Incluso podría mantenerse en fresco durante más tiempo que la trufa de invierno pues, a temperatura ambiente, posee una tasa respiratoria menor (Rivera *et al*., 2010). El desarrollo gastronómico pasa por la realización de programas divulgativos y por poner más accesible el producto a los consumidores. Hoy, en España, no es fácil la adquisición de trufa fresca de ninguna especie.

Una dificultad para la potencialización de la trufa de verano es que, curiosamente, en España sólo está legalmente autorizada la recolección del ecotipo de verano (*aestivum*) que suele finalizar la campaña oficial en agosto. Hasta mediados de noviembre, cuando comienza la temporada de recolección de la trufa de invierno, no está permitido recolectar otras especies de trufa como *T. aestivum* ecotipo *uncinatum*, que, sin embargo, posee una gran calidad y representa una oportunidad de negocio para el sector. Esta es una cuestión que se debe subsanar en las legislaciones autonómicas o regionales (Reyna y García-Barreda, 2011).

El cultivo de *T. aestivum* es viable en muchas zonas españolas y se está expandiendo, aunque a un ritmo menor que *T. melanosporum*. El mayor obstáculo para el desarrollo de esta actividad es el gran desconocimiento de la población española sobre este tipo de producto. El consumidor potencial de trufas no está entrenado en distinguir entre *T. melanosporum*, *T aestivum* y otras especies que se importan de Asia como *Tuber indicum* Cooke & Massee, siendo las características organolépticas de estas especies muy diferentes entre si y, por lo tanto, sus precios de mercado. Sin embargo, la trufa de verano, por su elevada producción y precio asequible, podría ser la más indicada para dar a conocer este tipo de productos que, además, son propios del ecosistema mediterráneo.

Agradecimientos

Los autores quieren mostrar su agradecimiento a los dos revisores anónimos y a los editores de ITEA por las sugerencias realizadas, que han mejorado indudablemente la calidad del manuscrito. El presente trabajo ha sido financiado por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias con el proyecto RTA2010-00070-C02-01.

Bibliografía

Agritruffe (2015). http://www.agritruffe.fr/ (14 abril 2015).

Águeda B, Fernández-Toirán LM, De Miguel AM, Martínez-Peña F (2010). Ectomycorrhizal status of a mature productive black truffle plantation. Forest Systems 19: 89-97.

Baciarelli-Falini L, Benucci GMN, Bencivenga M, Donnini D (2012). Mycorrhization level in truffle plants and presence of concurrent fungi. Acta Mycologica 47(2): 169-173.

Bagi I, Fekete AO (2010). Identification of *Tuber aestivum* habitats in the South Caucasus, Azerbaijan. Abstracts of the Second Congress of the *Tuber aestivum/uncinatum* European Scientific Group (TAUESG), 20-22 agosto 2010, Juva, Finlandia, p. 27.

Bencivenga M, Baciarelli-Falini L (2012). Manuale di tartuficoltura: esperienze di coltivazione dei tartufi in Umbria. Ed. Università degli studi di Perugia, Perugia, Italia. 137 p.

Benucci GMN, Raggi L, Albertini E, Grebenc T, Bencivenga M, Falcinelli M, Di Massimo G (2011). Ectomycorrhizal comunities in a productive *Tuber aestivum* Vittad. orchard: composition, host influence and species replacement. FEMS Microbiology Ecology 76: 170-184.

Benucci GMN, Bonito G, Baciarelli-Falini L, Bencivenga M (2012a). Mycorrhization of pecan trees (*Carya illinoinensis*) with commercial truffle species: *Tuber aestivum* Vittad. and *Tuber borchii* Vittad. Mycorrhiza 22: 383-392.

Benucci GMN, Bonito G, Baciarelli-Falini L, Bencivenga M, Donnini D (2012b). Truffles, Timber, Food, and Fuel: Sustainable Approaches for Multi-cropping Truffles and Economically Important Plants. En: Edible Ectomycorrhizal Mushrooms (Eds. Zambonelli A, Bonito G), pp. 265-280. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Boa E (2004). Wild edible fungi, a global overview of their use and importance to people. Non-wood forest products Series 17. Food and agriculture organization of the United Nations, Rome, 147 p.

Bratek Z, Merényi Z, Illyés Z, László P, Anton A, Papp L, Merkl O, Garay J, Viktor J, Brandt S (2010). Studies on the ecophysiology of *Tuber aestivum* populations in the Carpatho-Pannonian region. Acta Mycologica 47(2): 221-226.

Büntgen U, Tegel W, Egli S, Stobbe U, Sproll L, Stenseth NC (2011). Truffles and climate change. Frontiers in Ecology and the Environment 9(c): 150-151.

Chevalier G, Frochot G (1997). La truffe de Bourgogne, *Tuber uncinatum* Chatin. Petrarque, Levallois-Perret, Francia, 258 p.

Chevalier G (2010). Truffes et trufficulture en Europe. Atti del Terzo Congresso Internazionale di Spoleto sul Tartufo, 25-28 noviembre 2008, Spoleto, Italia, pp. 65-72.

Chevalier G (2012). Europe, a continent with high potential for the cultivation of the Burgundy truffle (*Tuber aestivum/uncinatum*). Acta Mycologica 47(2): 127-132.

Chevalier G, Sourzat P (2012). Soils and techniques for cultivating *Tuber melanosporum* and *Tuber aestivum* in Europe. En: Edible Ectomycorrhizal Mushrooms (Eds. Zambonelli A, Bonito G), pp. 163-189. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Berlín, Alemania.

Colinas C, Capdevila JM, Oliach D, Fischer CR, Bonet JA (2007). Mapa de aptitud para el cultivo de la trufa negra (*Tuber melanosporum* Vitt.) en Catalunya. Centre Tecnològic Forestal de Catalunya, Solsona, España, 30 p.

Cullen ML, Fox HF, Harrington TJ (2009). *Tuber aestivum/ Tuber uncinatum* in Ireland. First conference on the "European" Truffle *Tuber aestivum/uncinatum*. 6-8 noviembre 2009, Viena, Austria, pp. 10-11.

DMS. Danish Mycological Society: fungal records database. Disponible en http://www.gbif.org/occurrence/1053657016 (20 abril 2015).

De Miguel AM, Sáez R (2005). Truficultura en Navarra y desarrollo sostenible. Actas del 4º Congreso Forestal Español, 26-30 septiembre 2005, Zaragoza, España. Disponible en: http://www.congresoforestal.es/index.php?men=10

De Miguel AM, Águeda B, Sánchez S, Parladé J (2014). Ectomycorrhizal fungus diversity and community structure with natural and cultivated truffle hosts: applying lessons learned to future truffle culture. Mycorrhiza 24 (Suppl 1): S5-S18.

Domínguez-Núñez JA, Rodríguez-Barreal JA, Saiz de Omeñaca JA (2005). Ectomicorrizas en dos plantaciones truferas de encina (*Quercus ilex* L. Subsp. Ballota (Desf.) Samp.) en Castellón. Boletín de Sanidad Vegetal-Plagas 31: 147-157.

Etayo ML, De Miguel AM (2001). Effect of mulching on *Tuber melanosporum* Vitt. mycorrhizae *vs*. other competing mycorrhizae in a cultivated truffle bed. Proceedings of 5th International Congress "Science and Cultivation on *Tuber* and other edible hypogeus fungi", 4-6 marzo 1999, Aix-en-Provence, Francia, pp. 7378-7381.

García-Barreda S, Reyna S, Pérez R, Rodríguez-Barreal JA, Domínguez JA (2012). Ecología de la trufa y las áreas truferas. En: Truficultura. Fundamentos y técnicas (Ed. Reyna S.), pp. 151-206. Ed. Mundiprensa. Madrid, España.

García-Montero LG, Moreno D, Monleon VJ, Arredondo-Ruiz F (2014). Natural production of *Tuber aestivum* in central Spain: *Pinus* spp. versus *Quercus* spp. brûles. Forest Systems 23(2): 394-399.

Gažo J, Miko M, Miko M, Chlpík J (2012). Assessing genetic resources of summer truffle in Slovakia. Acta Mycologica 47(2): 185-189.

GBIF (2015). Global Biodiversity Information Facility. Portal de datos www.gbif.net (2 marzo 2015).

Giraud M (1979). Etude comparative des mycorhizes d'arbres producteurs de truffes ou non en zone truffière. Graduation dissertation, Ecole Nationale Supérieure Agronomique 1 de Rennes, and Institut National de la recherche Agronomique, Clermont-Ferrand, Francia, 54 p.

Giraud M (1988). Prélèvement et analyse de mycorhizes. 10: 49-63. Ed. CTIFL (Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes). París, Francia.

Gogan AS, Nagy Z, Dégi Z, Bagi I, Dimény J (2012). Ecological characteristics of a Hungarian summer truffle (*Tuber aestivum* Vittad.) producing areas. Acta Mycologica 47(2): 133-138.

González-Armada B, De Miguel AM, Cavero RY (2010). Ectomycorrhizae and vascular plants growing in brulés as indicators of below and above ground microecology of black truffle production areas in Navarra (Northern Spain). Biodiversity and Conservation 19: 3861-3891.

Grebenc T, Kraigher H, Martín MP, Piltaver A, Ratosa I (2008). Research and cultivation of truffle in Slovenia – current status. En: La culture de la Truffe dans Le Monde. Actas del Coloquio Brive-La-Gaillarde, 2 de febrero de 2007 (Ed. Chevalier G.). Le Causse Correzien, Francia, pp. 183-194.

Grebenc T, Bajc M, Kraigher H (2010). Post-glacial migrations of mycorrhizal plants and ectomycorrhizal partners: an example of the genus *Tuber*. Les (Ljubljana) 62(5): 149-154.

Gregori G (2010). *Tuber uncinatum* in Italy: ecology, market value and validation. Acta Mycologica 47(2): 265-271.

Gryndler M, Soukupova L, Hrselova H, Borovicka J, Streiblova E, Jansa J (2013). A quest for indigenous truffle helper prokaryotes. Environmental Microbiology Reports 5(3): 346-352.

Hall I, Brown G, Zambonelli A (2007). Taming the truffle. The history, lore and science of the ultimate mushroom. Timber Press, Oregón, EE.UU. 304 p.

Hilszczanska D (2008). Proposal of mycorrhization of forest tree seedlings using summer truffle (*Tuber aestivum*) in Poland. Sylwan 153(4): 281-286.

Hilszczanska D, Sierota Z (2010). First attempt towards cultivation of *Tuber aestivum* in Poland. Acta Mycologica 47(2): 209-212.

Jeandroz S, Murat C, Wang YJ, Bonfante P, Le Tacon F (2008). Molecular phylogeny and historical biogeography of the genus *Tuber* the 'true truffles'. Journal of Biogeography 35: 815-829.

Jurc D, Piltaver A, Ogris N (2005). Fungi in Slovenia: species and distribution. Studia Forestalia Slovenia, p. 407.

Katarzyte M (2010). *Tuber aestivum* (*uncinatum*) cultivation in Lithuania: possibilities and challenges. Abstracts of the Second Congress of the *Tuber aestivum/uncinatum* European Scientific Group (TAUESG), 20-22 agosto 2010, Juva, Finlandia, p. 37.

Lange C (2001). Status of *Tuber aestivum* in Denmark. Danish Mycological Society Foreningen til Svampekundskabens Fremme SVAMPE 43: 6-8.

Lucian D, Fekete A, Ionut N, Gheroghe M (2012). *Tuber aestivum/uncinatum* in Rumania. Sitees

charcteristics and harvesting periods. Abstracts of the 4th international TAUESG (*Tuber aestivum/uncinatum*) conference, 28-30 septiembre 2012, Gödöllö, Hungría, p. 15.

Marjanović Ž (2008). Truffles and possibilities for their cultivation in Serbia. Current situation. En: La culture de la Truffe dans Le Monde. Actas del Coloquio Brive-La-Gaillarde, 2 de febrero de 2007 (Ed. Chevalier G.). Le Causse Correzien, Francia, pp. 163-172.

Meiere D, Liepina L, Vimba E (2010). Truffles in Latvia: history and future perspectives. Abstracts of the Second Congress of the *Tuber aestivum/uncinatum* European Scientific Group (TAUESG), 20-22 agosto 2010, Juva, Finlandia, p. 31.

Milenković M, Marjanović Ž (2000). Current results on *Tuber* spp. research in Yugoslavia. Proceedings of 5th International Congress "Science and Cultivation on *Tuber* and other edible hypogeus fungi", 4-6 marzo 1999, Aix-en-Provence, Francia, pp. 4218-4225.

Molinier V, Van-Tuinen D, Chevalier G, Gollotte A, Wipf D, Redecker D (2013). A multigene phylogeny demonstrates that *Tuber aestivum* and *Tuber uncinatum* are conspecific. Organisms Diversity & Evolution 13: 503-512.

Morcillo M, Moreno-Arroyo B, Pulido E, Sánchez M (2007). Manual de truficultura andaluza. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía, 176 p.

PANDO Herbario criptogamia Jardín Botánico de Madrid. CSIC. http://161.111.170.202/herb/asp/ (20 enero 2015).

Piñuela JL (2012). Ectomycorrhiza diversity in natural *Tuber aestivum* Vittad. Grounds. Tesis doctoral. University of Ljubljana, Eslovenia, 65 p.

Pla T, Urban A (2009). From landscape history to genetic diversity – conservation strategies for *Tuber aestivum*. First conference on the "European" Truffle *Tuber aestivum/uncinatum*. 6-8 noviembre 2009, Viena, Austria, p. 13.

Pomarico M, Figliuolo G, Rana GL (2007). *Tuber* spp. Biodiversity in one of the southernmost European distribution areas. Biodiversity and Conservation 16: 3447-3461.

Reyna S (2009). Situación y perspectivas de la truficultura española. Actas del 5º Congreso Forestal Español, 23 septiembre 2009, Ávila, España. Disponible en: http://secforestales.org/publicaciones/index.php/congresos/article/view/7719/7642

Reyna S, García-Barreda S (2011). Truficultura práctica. Ed Mundiprensa. Madrid, España, 102 p.

Reyna S (2012). Sostenibilidad de la truficultura: aspectos ecológicos, económicos y sociales. En: Truficultura: fundamentos y técnicas. 2º Edición revisada y ampliada (Ed. Reyna S.), pp. 49-72. Ed. Mundiprensa. Madrid, España.

Reyna S, Herrero M (2012). La trufa en la gastronomía. En: Truficultura: fundamentos y técnicas. 2º Edición revisada y ampliada (Ed. Reyna S.), pp. 566-578. Ed. Mundiprensa. Madrid, España.

Reyna S, García-Barreda S (2014). Black truffle cultivation: a global reality. Forest Systems 23(2): 317-328.

Rivera CS, Blanco D, Salvador ML, Venturini ME (2010). Shelf-Life extension of fresh *Tuber aestivum* and *Tuber melanosporum* truffles by modified atmosphere packaging with microperforated films. Journal of Food Science 75: E225-E233.

Robin Pépinières (2015). www.robinpepinieres.com/ (14 abril 2015).

Sáez R, De Miguel AM (2008). La trufa. Guía práctica de truficultura. ITGA, Pamplona, España, 132 p.

Salerni E, D'Aguanno M, Leonardi P, Perini C (2014). Ectomycorrhizal communities above and below ground and truffle productivity in a *Tuber aestivum* orchard. Forest Systems 23(2): 329-338.

Salvador-Alcalde D (2014). Distribución y ecología de *Tuber aestivum* Vitt. en España. Trabajo final de carrera. Universidad Politécnica de Valencia. España, 73 p.

Sánchez S (2008). Determinación de la flora ectomicorrícica y evaluación del estado de micorrización de 30 plantaciones truferas de las provincias de Huesca y Zaragoza. Trabajo de investigación. Diploma de Estudios Avanzados. Universidad de Zaragoza. España, 65 p.

Sánchez S (2012). Ectomicorrizas en el cultivo de trufa negra: Ecología, diversidad y gestión. Tesis doctoral. Universidad de Zaragoza. España, 276 p.

Sánchez S, Ágreda T, Águeda B, Martín M, de Miguel AM, Barriuso J (2014). Persistence and detection of black truffle ectomycorrhizas in plantations: comparison between two field detection methods. Mycorrhiza 24 (Supl. 1): 39-46.

Serrano-Notivoli R, Incausa A, Martín-Santafé M, Sánchez S, Barriuso JJ (2015). Modelización espacial del hábitat potencial de la trufa negra (*Tuber melanosporum* Vittad.) en la provincia de Huesca (España). Información Técnica Económica Agraria 111(3): 227-246.

Shamekh S, Turunen O (2011). Cultivation of *Tuber aestivum/T.uncinatum* in Finland. 3rd Congress of the *Tuber aestivum/uncinatum* European Scientific Group (TAUESG), 7 noviembre 2011, Nancy, Francia.

Sourzat P (2004). Questions d'ecologie appliquees a la trufficulture. Station d'experimentation sur la truffe. Lycée professionnel agricole de Cahors-LeMontat. Francia, 120 p.

Sourzat P (2010). Ecology, cultivation and protection of *Tuber aestivum* in the South-West of France. Abstracts of the Second Congress of the *Tuber aestivum/uncinatum* European Scientific Group (TAUESG), 20-22 agosto 2010, Juva, Finlandia, p. 25.

Stobbe U, Stobbe A, Sproll L, Tegel W, Peter M, Büntgen U, Egli S (2013a). New evidence for the symbiosis between *Tuber aestivum* and *Picea abies.* Mycorrhiza 23: 669-673.

Stobbe U, Egli S, Tegel W, Peter M, Sproll L, Büntgen U (2013b). Potential and limitations of Burgundy truffle cultivation. Applied Microbiology and Biotechnology 97: 5215-5224.

Streiblova E, Gryndlerova H, Valda S, Gryndler M (2010). *Tuber aestivum* – hypogeous fungus neglected in the Czech Republic. A review. Czech Mycology 61(2): 163-173.

Thomas PW (2010). A comparison of two UK sites to monitor the role of climatic parameters on tree growth and the development of *Tuber aestivum* mycorrhiza. Acta Mycologica 47(2): 213-215.

Urban A, Pla T (2010). Conservation strategies for *Tuber aestivum.* Acta Mycologica 47(2): 273-279.

Vidal JM (1999). *Tuber aestivum* (Portugal). MA-Fungi 46929 Herbario de Criptogamia RJ Botánico de Madrid. España.

Wedén C, Chevalier G, Danell E (2004). *Tuber aestivum* (syn. *T. uncinatum*) biotopes and their history on Gotland, Sweden. Mycological Research 108(3): 304-310.

Wedén C, Danell E, Tibell L (2005). Species recognition in the truffle genus *Tuber*- the synonyms *Tuber aestivum* and *Tuber uncinatum*. Environmental Microbiology 7:1535-1546.

Zambonelli A, Badalyan SM, Iotti M (2010). Ecology and distribution of hypogeous fungi in Armenia. Atti del Terzo Congresso Internazionale di Spoleto sul Tartufo, 25-28 noviembre 2008, Spoleto, Italia, pp. 153.

Zhang JP, Liu PG, Chen J (2012). *Tuber sinoaestivum* sp. nov., an edible truffle from southwestern China. Mycotaxon 122: 73-82.

(Aceptado para publicación el 19 de noviembre de 2015)

Caracterización y modelización de las cinco primeras semanas de lactación en ovejas de parto simple de raza Ojalada para la producción de Lechazo

J.A. Miguel*, J.L. Calvo, J. Ciria y B. Asenjo

Área de Producción Animal, Escuela de Ingenierías Agrarias de Soria, Universidad de Valladolid, Campus Universitario s/n, 42004, Soria, Spain

Resumen

El estudio de la curva de lactación permite conocer la evolución de la producción lechera de los animales, estimándose así la producción lechera total o parcial en un periodo determinado. En este trabajo se presentan los parámetros que describen la producción láctea, estimados según diferentes modelos lineales (lineal, cuadrático y lineal hiperbólico) y no lineales (gamma incompleta, parabólica exponencial, Wiltmink, Papajcsik y Bordero, Cobby, y Brody), de ovejas de raza Ojalada manejadas en pastoreo en San Esteban de Gormaz (Soria) para la producción de Lechazos. Se registraron 6.600 datos de producción de leche hasta la quinta semana de lactación en 1.320 ovejas de parto simple. Al comparar los datos de producción obtenidos con los estimados por los diferentes modelos, se encontró que los modelos de Cobby, Brody y el lineal hiperbólico fueron los que más se aproximaron en la estimación de la producción láctea la primera y la quinta semana. El modelo de Papajcsik y Bordero fue el que mejor estimó la producción en el pico de la lactación (1.508 ml), el cual se situó entre las 2,39 y las 3,56 semanas, con una producción de 1.337 a 1.508 ml, dependiendo del modelo. Todas las ecuaciones presentaron un elevado ajuste, obteniéndose similares coeficientes de determinación ajustados (R^2_{Adj}) y la raíz del promedio de los errores al cuadrado (RMS), si bien, los modelos no lineales presentaron un mayor R^2_{Adj} (0,98, excepto la función de Wiltmink con 0,88) que los lineales (0,96-0,97), siendo también menor el RMS en los modelos no lineales (426-485 ml) que en los lineales (526-685 ml).

Palabras clave: Curva de lactación, producción de leche, raza autóctona Ojalada.

Abstract

Characterization and modelization of the first five weeks of lactation of Ojalada ewes lambing single lambs for suckling lamb production

The study of the lactation curve allows the estimation of partial or total milk production during a given period. Parameters describing milk production, estimated through different linear (linear, quadratic and linear hyperbolic) and nonlinear (incomplete gamma function, exponential parabolic, Wiltmink, Papajcsik and Bordero, Cobby, and Brody) models have been studied. Data were recorded from Ojalada ewes managed under a grazing system for the production of quality label suckling lambs (Lechazo de Castilla y León). Individual records of milk production (n = 6600) from 1320 single lambing ewes, between the first and the fifth week of lactation were recorded When comparing production data with production estimates using different models, the Cobby, Brody and hyperbolic linear models best estimated

* Autor para correspondencia: jangel@agro.uva.es

http://dx.doi.org/10.12706/itea.2016.002

milk production during the first and the fifth weeks. The best estimation of the lactation peak (1509 mL) was the Papajcsik and Bordero model, between 2.39 and 3.56 weeks, with a production ranging between 1337 and 1509 mL, depending on the model. Fitting was similar among equations, obtaining similar adjusted coefficients of determination (R2Adj) and a root mean square (RMS), although non-linear models showed greater R2Adj (0.98 except Wiltmink function with 0.88) than linear ones (0.96-0.97); the RMS was also lower in non-linear (426-485 mL) than in linear models (526-685 mL).

Key words: Lactation curve model, milk yield, Ojalada local breed.

Introducción

España atesora un importante patrimonio genético de ovino, de elevada biodiversidad y que constituyen un recurso productivo que puede utilizarse en determinadas zonas, evitando su despoblamiento (Canali y Consortium, 2006). La Comunidad Autónoma de Castilla y León, que ampara desde 1997 la Indicación Geográfica Protegida "Lechazo de Castilla y León", es la mayor productora de cordero lechal (categoría comercial Lechazo) de España. Se trata de corderos criados sin separación de sexos, procedentes de ovejas de las razas Ojalada, Churra o Castellana, y alimentados exclusivamente con leche materna. A este respecto, resulta de indiscutible interés tanto la cantidad de leche producida por las madres como la calidad de la misma, las cuales van a determinar el número de días (hasta los 35 días) en alcanzar el peso de sacrificio (entre 9 y 12 kg), en aquellas explotaciones cuyo fin sea la producción de corderos en la categoría comercial de Lechazo.

Mejorar los parámetros reproductivos (fertilidad, prolificidad y fecundidad), es el objetivo de cualquier explotación ovina. Aunque un aumento en la prolificidad, expresada como el número de corderos por parto, es importante, se ha de tener en cuenta la viabilidad de los mismos, hecho que va a estar determinado por la producción láctea de la madre. La producción de leche en la oveja aumenta en las primeras semanas y alcanza el máximo alrededor de la tercera semana de lactación (Reynolds y Brown, 1991, Bencini *et al.,* 1992), para declinar posteriormente hasta el secado. La composición de la leche, no sólo depende de factores genéticos del animal, sino también de otros factores como la cantidad y composición de los alimentos que ingieren (Pulina *et al.,* 2006, Miguel *et al.,* 2011). Así, los principales componentes de la leche de oveja varían a lo largo de la lactación, coincidiendo el máximo de producción con el mínimo extracto seco (Velasco *et al.,* 2001).

La producción de leche es un fenómeno biológico complejo que está influenciado tanto por factores genéticos como ambientales. La representación gráfica de la producción de leche en función del tiempo se denomina curva de lactación. Los modelos matemáticos de la curva de lactación se ajustan a partir de información de la producción de leche con un número limitado de controles, permitiendo describir, caracterizar y estimar la producción láctea en diferentes momentos. Por otro lado, el conocimiento de la curva de lactación es importante para la estimación del potencial productivo de un animal y de su valor reproductivo (Olori *et al.,* 1999).

La Ojalada es una raza autóctona mediterránea explotada en sistemas extensivos orientados a la producción de cordero lechal que ocupa principalmente el centro y las zonas del suroeste de la región de Soria (España). Difiere de otras razas por sus peculiares características morfológicas (lana fina de color blanco con pigmentación negra centrífuga localizada alrededor de los ojos). Se trata de

una raza poco estudiada y documentada en comparación a otras razas autóctonas españolas (Miguel *et al.,* 2011).

El objetivo del presente trabajo fue ajustar diferentes modelos matemáticos lineales y no lineales para describir y estimar la producción de leche de ovejas de parto simple de raza Ojalada, controladas hasta la quinta semana de lactación.

Material y métodos

Localización y material animal

El ensayo se realizó en la explotación del Campo Agropecuario de San Esteban de Gormaz perteneciente a la Excma. Diputación Provincial de Soria y situada a 70 km de Soria (España). En dicha explotación se trabaja desde hace más de 30 años en la caracterización, conservación y mejora genética de la raza Ojalada, siguiendo el sistema de 3 partos cada 2 años en lo que respecta al manejo reproductivo de los animales.

Se evaluó la producción láctea hasta la quinta semana de lactación en 1320 ovejas de raza Ojalada de parto simple con edades comprendidas entre los 4 y 6 años, un peso vivo de 61,8 ± 8,2 kg, y una puntuación de condición corporal de 2,92 ± 0,05. No se empleó ningún tipo de tratamiento hormonal para la inducción y sincronización de los períodos de celo. En la época de celo (invierno), los machos eran introducidos en el rebaño y permanecían con las ovejas durante 45 días (para una posibilidad de cubrición en dos períodos de celo).

Alimentación y manejo

El manejo tradicional de los animales fue el pastoreo durante el día con suplementación en forma de concentrado en determinados momentos (último tercio de la gestación, lactación, o cuando las condiciones climáticas adversas les impedían salir al pastoreo). Esto implicó el uso de pastos de tipo bosque-arbustivo mediterráneo en verano, otoño e invierno, y pastos de valle en primavera y otoño (30 ovejas/ha). Dicho pasto estaba compuesto por 24% leguminosas (principalmente *Trifolium repens*), 65% de gramíneas (las principales especies fueron *Festuca arundinacea, Festuca pratensis, Poa pratensis, Lolium perenne* y *Dactylis glomerata*) y 11% de otras especies (principalmente *Rumex acetosa* y *Ranunculus bulbosus*). La composición del forraje fue 212,5 ± 11,7 g proteína bruta/kg MS y 510,8 ± 23,3 g fibra neutro detergente/kg MS. Como suplemento al pasto se utilizó un concentrado (0,64 UFL, 71,72 g PDIN y 69,45 g PDIE) en una proporción del 60% durante el último tercio de la gestación y la lactación.

Para el cuidado de los animales se siguieron en todo momento las pautas europeas de bienestar animal (Real Decreto 53/2013, BOE nº 34 de 8 de febrero de 2013).

Producción de leche

A lo largo de las 5 semanas de lactación, una vez por semana se evaluó la cantidad de leche en 1.320 ovejas de parto simple. Para ello, los corderos eran separados de las madres a primera hora de la mañana. Se inyectaron 5 UI de oxitocina y se realizó un ordeño mecánico seguido de repaso manual completo. Cuatro horas después de la primera inyección de oxitocina se volvía a repetir la operación, utilizando la misma dosis, y se medía la cantidad de leche obtenida en este último ordeño. El valor así obtenido multiplicado por seis era la capacidad productiva en 24 horas (Doney *et al.,* 1981).

Análisis estadístico

Los 6.600 valores individuales de producción láctea registrados, se ajustaron a los modelos lineales y no lineales recogidos en la Tabla 1,

Tabla 1. Modelos matemáticos utilizados para estimar la producción de leche (y_t) de la semana (t) de la lactación, el pico de lactación (t_{pico}) y la producción (ml) máxima en el pico de lactación (y_{max})
Table 1. Mathematical models used to estimated milk production (y_t) of week (t) of lactation, time of maximum milk production (t_{pico}) and maximum milk (mL) production (y_{max})

	y_t =	t_{pico}	y_{max}
Modelos lineales			
Lineal	$\beta_0 + \beta_1 t$	–	–
Cuadrático	$\beta_0 + \beta_1 t - \beta_2 t^2$	$\frac{\beta_1}{2\beta_2}$	$\beta_0 + \frac{\beta_1^2}{2\beta_2} - \frac{\beta 1}{2}$
Lineal hiperbólico	$\beta_0 + \beta_1 t + \frac{\beta_2}{t}$	$\sqrt{(\beta_2 - \beta_1)}$	$\beta_0 - 2\sqrt{(\beta_1 \beta_2)}$
Modelos no lineales			
Función gamma incompleta (Wood, 1967)	$\beta_0 \times t^{\beta 1} \times e^{(-\beta_2 t)}$	$\frac{\beta_1}{\beta_2}$	$\beta_0 + \left(\frac{\beta_1}{\beta_2}\right)^{\beta_1} e^{(-\beta_1)}$
Parabólica exponencial (Sikka, 1950)	$\beta_0 \times e^{(\beta_1 t - \beta_2 t^2)}$	$\frac{\beta_1}{2\beta_2}$	$\beta_0 e^{\left[\left(\frac{\beta_1^2}{2} \times \left(\frac{1}{\beta_2} - 1\right)\right)\right]}$
Wiltmink (Wiltmink, 1987)	$\beta_0 + \beta_1 + \beta_2 \times e^{(-0{,}05t)}$	$\frac{-1}{0{,}05} \mathrm{Ln}\left(\frac{\beta_1}{0{,}05\beta_2}\right)$	$\beta_0 - \frac{\beta_1}{0{,}05} \mathrm{Ln} \frac{\beta_1}{0{,}05\beta_2} + \frac{\beta_1}{0{,}05}$

β_0, β_1, β_2: Parámetros estimados según el modelo.

Tabla 1. Modelos matemáticos utilizados para estimar la producción de leche (y_t) de la semana (t) de la lactación, el pico de lactación (t_{pico}) y la producción (ml) máxima en el pico de lactación (y_{max}) (continuación)
Table 1. Mathematical models used to estimated milk production (y_t) of week (t) of lactation, time of maximum milk production (t_{pico}) and maximum milk (mL) production (y_{max}) (continuation)

	y_t =	t_{pico}	y_{max}
Modelos no lineales			
Papajcsik y Bordero (Papajcsik y Bordero, 1988)	$\beta_0 t \times e^{(-\beta_1 t)}$	$\frac{1}{\beta_1}$	$\left(\frac{\beta_0}{\beta_1}\right) e^{-1}$
Cobby (Cobby y LeDu, 1978)	$\beta_0 - \beta_1 t - \beta_0 \times e^{(-\beta_2 t)}$	$\beta_2^{-1} Ln\left(\beta_0 \times \frac{\beta_2}{\beta_1}\right)$	$\beta_0 - \left(\frac{\beta_1 Ln\left(\beta_0 \times \frac{\beta_2}{\beta_1}\right)}{\beta_2}\right) - \beta_0 e^{\left(-Ln\left(\beta_0 \times \frac{\beta_2}{\beta_1}\right)\right)}$
Brody (Brody *et al.*, 1924)	$\beta_0 \times e^{(-\beta_1 t)} - \beta_0 \times e^{(-\beta_2 t)}$	$(\beta_2 - \beta_1)^{-1} Ln\left(\frac{\beta_1}{\beta_2}\right)$	$\beta_0 e^{-\beta_1 \left(\frac{Ln \frac{\beta_1}{\beta_2}}{\beta_2 - \beta_1}\right)} - \beta_0 e^{-\beta_2 \left(\frac{Ln \frac{\beta_1}{\beta_2}}{\beta_2 - \beta_1}\right)}$

β_0, β_1, β_2: Parámetros estimados según el modelo.

utilizando el procedimiento de regresión del programa informático SPSS (2008). Para comparar el ajuste de las diferentes ecuaciones, se consideraron los siguiente indicadores sugeridos por Draper y Smith (1998) y utilizados en trabajos similares (Olori *et al,* 1999, Pollot y Gootwine, 2000):

– Coeficiente de determinación ajustado para el número de parámetros (R^2_{Adj}), que expresa el porcentaje de variabilidad de la producción láctea que es explicado por su dependencia del tiempo (semana de lactación).

– La raíz del promedio de los cuadrados de los residuos (RMS), que indica la varianza no explicada por la ecuación.

Una vez estimados los parámetros que definen cada modelo matemático, se estimó el pico de lactación y la producción máxima estimada en ese punto por cada uno de los modelos.

Resultados

En la Tabla 2, donde se recogen los parámetros estimados para cada uno de los modelos matemáticos utilizados una vez ajustados los datos obtenidos, se observa que de manera general, tanto los modelos lineales como los no lineales presentaron un similar R^2_{Adj} (0,96-0,98), siendo el modelo de Wiltmink el que menor R^2_{Adj} presentó.

Todos los modelos estimaron el pico de la lactación alrededor de la tercera semana (Tabla 3), siendo el de Cobby y el de Brody los que lo estimaron antes, y el de Wiltmink y el cuadrático los que lo hicieron más tarde. La producción estimada en el pico de la lactación se situó entre el menor valor estimado por el modelo de Wiltmink y el mayor estimado por Papajcsik y Bodero, siendo esta última la que más se acercó al valor real obtenido en la tercera semana de lactación.

Al comparar la producción real observada con la producción estimada según los modelos lineales (Tabla 4) se observó que el modelo que mejor estimó la producción en la primera semana de lactación fue el lineal hiperbólico (aunque con el mayor RMS), siendo sobreestimada por los otros dos modelos (lineal y cuadrático). En la tercera semana (pico de lactación) para los tres modelos lineales utilizados se observó una importante subestimación de la producción, ajustándose mejor en las semanas posteriores y especialmente en la última.

Si nos fijamos en los modelos no lineales analizados (Tabla 4), se observa que la mejor estimación para la primera y quinta semana la realizaron los modelos de Cobby y Brody. El modelo de Papajscsik y Bordero subestimó ampliamente la producción la primera semana, pero fue el que mejor estimó la producción en el pico de la lactación, sobrestimándola también en la semana 4 y ajustándose mejor, como el resto de los modelos, la quinta semana de lactación.

Discusión

Han sido varios los autores que han realizado trabajos para la caracterización de la curva de lactación en ganado ovino y caprino. En lo que respecta al ajuste de los modelos, Gipson y Grossman (1990), y también Mukundan y Bhat (1993) comparando diferentes modelos en ganado caprino, encontraron en todos los casos valores de R^2 entre 0,90 y 0,95, y que correspondían al modelo de Wood (función gamma incompleta), más recientemente también en ganado caprino de raza Murciano-Granadina, León *et al,* (2012) obtuvieron valores de R^2 entre 0,89 (modelo de Cobby) y 0,97 (modelo cuadrático), resultados similares a los encontrados con anterioridad por Takma *et al,* (2009) trabajando con otras razas de ganado caprino. Pollot y Gootwine (2000) comparando diferentes modelos lineales y no lineales para describir la

Tabla 2. Media (error estándar) de los parámetros estimados, coeficiente de determinación ajustado (R^2 adj) y raíz del promedio de los errores al cuadrado (RMS) para cada modelo
Table 2. Mean (standard error) value of the parameters estimated, adjusted coefficient of determination (R^2_{Adj}) and root mean square (RMS) for each model

	β_0	β_1	β_2	R^2_{Adj}	RMS
Modelos lineales					
Lineal	1322	-7,3	0,010	0,971	561
	(92)	(0,2)	(0,001)		
Cuadrático	1195	77,7	10,920	0,972	526
	(165)	(9,5)	(0,110)		
Lineal hiperbólico	1702	-62,6	-438,710	0,965	685
	(258)	(4,1)	(37,412)		
Modelos no lineales					
Función gamma incompleta	1333	0,3	0,092	0,982	461
	(95)	(0,2)	(0,060)		
Parabólica exponencial	1198	0,1	0,009	0,986	426
	(155)	(0,01)	(0,001)		
Wiltmink	12390	-469,7	-11208,701	0,881	4517
	(1136)	(16,2)	(1151,115)		
Papajcsik y Bordero	1288	0,3	–	0,986	485
	(111)	(0,02)			
Cobby	1510	42,1	1,704	0,984	485
	(167)	(1,1)	(0,059)		
Brody	1534	0,03	1,661	0,987	478
	(197)	(0,02)	(0,058)		

β_0, β_1, β_2: Parámetros estimados según el modelo.

curva de lactación de ovejas de raza Awassi, observaron mejores ajustes en los modelos no lineales con menores valores de RMS, al igual que Ruiz *et al.* (2000) trabajando con ovejas de raza Latxa, al igual que ocurre en este trabajo.

Trabajando con ovejas de raza Ojalada en ensayos anteriores, Miguel *et al.* (2011) comparando tres diferentes sistemas de alimentación y alojamiento, encontraron una producción media hasta los 35 días de aproximadamente 1300 ml/día, situándose el pico de la producción en la tercera semana (1500 ml/día, aproximadamente), resultados similares a los también encontrados por diferentes investigadores (Sánchez *et al.,* 2000, Velasco *et al.,* 2001) trabajando con otras razas españolas, y también en razas extranjeras (Ampueda y Combellas, 2000).

Tabla 3. Valores estimados del pico de lactación (t_{pico}) y producción máxima en el pico de lactación (y_{max}) para cada modelo
Table 3. Estimated values for time of maximum milk production (t_{pico}) and maximum milk production (y_{max}) for each model

	t_{pico}, semana	y_{max}, ml
Modelos lineales		
Cuadrático	3,56	1434
Lineal hiperbólico	2,64	1371
Modelos no lineales		
Función gamma incompleta	2,95	1364
Parabólica exponencial	3,44	1480
Wiltmink	3,53	1337
Papajcsik y Bordero	3,18	1509
Cobby	2,40	1432
Brody	2,39	1385

Tabla 4. Producción láctea observada [media (error estándar)] y estimada (media) en cada modelo
Table 4. Observed [mean (standard error)] and estimated milk yield (mean) for each model

	Semana de lactación				
	1	2	3	4	5
Producción observada, ml	1195 (159)	1333 (171)	1499 (155)	1304 (126)	1293 (155)
Producción estimada, ml					
Modelo lineales					
Lineal	1315	1307	1300	1293	1285
Cuadrático	1262	1307	1330	1332	1312
Lineal hiperbólico	1201	1358	1368	1342	1301
Modelos no lineales					
Gamma incompleta	1216	1340	1365	1347	1306
Parabólica exponencial	1263	1309	1333	1334	1311
Wiltmink	1258	1309	1334	1334	1312
Papajcsik y Bordero	940	1373	1504	1464	1336
Cobby	1192	1374	1372	1336	1295
Brody	1191	1377	1374	1336	1293

Calvo *et al.* (2006) trabajando con ovejas de esta misma raza Ojalada, estabuladas y alimentadas a base de heno alfalfa y concentrado, encontraron la máxima producción en la primera semana (1980 ml/día), disminuyendo de forma lineal hasta los 1250 ml/día a las 7 semanas. Esta distribución en la producción láctea ha sido descrita por Ampueda y Combellas (2000), en ovejas jóvenes de raza West African. Este fenómeno también fue descrito por Doney *et al.* (1981), según los cuales, cuando el cordero demanda mayor cantidad de leche, lo cual sucede en las primeras fases de la lactancia, existe una respuesta por parte de la oveja en el sentido de aumentar la cantidad de leche producida; no obstante, llega un momento en el que los requisitos de leche por parte de los corderos van siendo progresivamente menos satisfechos, al convertirse la ingestión en factor limitante.

En un ensayo realizado con la raza Talaverana, alimentada a base de heno de veza-avena y concentrado, Velasco *et al,* (2001), encontraron una máxima producción a las tres semanas de lactación de 1223 ml/día, (inferior a la producción encontrada en este trabajo), posteriormente la producción siguió una tendencia descendente, presentándose valores de 974 y 850 ml/día, a las 4 y 6 semanas de lactación, respectivamente.

Joy *et al.* (2007) comparando la alimentación en pastoreo con la estabulación y suplementación con concentrado en la raza Churra Tensina, obtuvieron valores superiores a los del presente trabajo en la ovejas en pastoreo tanto a las 2, como a las 4 semanas de lactación (1616 y 1322 ml/día, respectivamente). Por el contario, las ovejas estabuladas de la raza Churra Tensina, produjeron menos cantidad de leche que las de pastoreo tanto a las 2 como las 4 semanas de lactación (1383 y 955 ml/día, respectivamente). Comprando estos últimos valores con los de este trabajo, observamos en aquella una producción sensiblemente menor en la semana 4, obteniéndose valores similares en la semana 2.

Sánchez *et al.* (2000), trabajando en la caracterización de la raza Gallega, presentaron los valores máximos de producción láctea a las tres semanas, en torno a los 491 ml/día. Ampueda y Combellas (2000), en ovejas de raza West African estabuladas y alimentadas con forraje y suplementadas con concentrado, obtuvieron una producción máxima de 1136 ml/día en la tercera semana de lactación. López *et al.* (1998) en ovejas de raza Merina en pastoreo suplementadas en el preparto con heno de alfalfa y concentrado, obtuvieron a las 4 y 6 semanas de lactación producciones de 1170 y 790 ml/día, respectivamente, valores, todos ellos inferiores a los encontrados en este trabajo.

Como conclusión se puede señalar que de los modelos utilizados, el lineal hiperbólico (lineal) y los de Cobby y Brody (no lineales) fueron los que mejor estimaron la producción la primera y quinta semanas de lactación (última antes del sacrificio de los corderos con IGP Lechazo de Castilla y León), aunque la función de Papajscsik y Bordero fue la única que estimó adecuadamente la producción en el pico de la lactación (tercera semana). En general los modelos no lineales utilizados (a excepción del de Wiltmink) presentaron mejor ajuste que los lineales (mayor R^2_{Adj} y menor RMS), pero ninguno de los modelos utilizados en este trabajo describió exactamente la curva de lactación de las ovejas de raza Ojalada de parto simple durante las primeras cinco semanas.

Agradecimientos

Los autores agradecen la labor realizada por Alfredo Morón y los trabajadores del Campo Agropecuario de San Esteban de Gormaz (Soria).

Bibliografía

Ampueda J, Combellas J (2000). Estimación de la producción de leche en ovejas West African. Producción Latina XXV: 533-535.

Bencini R, Hartmann PE, Lightfoot RJ (1992). Comparative dairy potential of Awassi × Merino ewes. Australian Association of Animal Breeding and Genetics 10: 114-117.

Brody S, Ragsdale AC, Turner CW (1924). The relation between the initial rise and the subsecuent decline of milk secretion following parturition. Journal of Genetic Physiology 6: 541-545.

Calvo JL, Asenjo M, Miguel JA, Ciria J (2006). Influencia del número de corderos amamantados en la producción de leche de ovejas de raza Ojalada. Actas de las XXXI Jornadas Científicas de la SEOC. 20-22 de septiembre, Zamora, España. pp. 184-186.

Canali G, Consortium E (2006). Common agricultural policy reform and its effects on sheep and goat market and rare breeds conservation. Small Ruminant Research 62:207-213.

Cobby JM, Ledu LP (1978). On fitting curves to lactation data. Animal Production 26: 127-134.

Doney JM, Pert JN, Smith WF, Louda F (1981). A consideration of the techniques for estimation of milk yield by suckled sheep and a comparison of estimates obtained by two methods in relation to the effect of breed, level of production and stage of lactation. Journal of Agricultural Science 92: 123-132.

Draper ND, Smith H (1998). Applied regression analysis. New York. John Wiley and Sons. 706 pp.

Gipson TA, Grossman M (1990). Lactation curves in dairy goats: a review. Small Ruminant Research 3: 383-395.

Joy M, Álvarez-Rodríguez J, Revilla R, Delfa R, Ripoll G (2007). Ewes metabolic performance and lamb carcass traits in pasture and concentrate-based production systems in Churra Tensina breed. Small Ruminant Research 75(1): 24-35.

León JM, Macciotta NPP, Gama LT, Barba C, Delgado JV (2012). Characterization of the lactation curve in Murciano-Granadina dairy goats. Small Ruminant Research 107 (1): 76-84.

López F, Estévez MA, Picón F (1998). Efecto de la suplementación preparto sobre la producción lechera de ovejas merinas en pastoreo. Actas de las XXIII Jornadas Científicas de la SEOC. 1-3 de octubre. Vitoria, España. pp. 89-92.

Miguel JA, Calvo JL, Ciria J, Asenjo B (2011). Effect of feeding system on live weight, reproductive performance, milk yield and composition, and the growth of lambs in native Spanish Ojalada sheep. Spanish Journal of Agricultural Research 9: 769-780.

MuKundan G, Bhat PN (1993). Lactation curve in Malabari goats and their Saanen half-breeds. Indian Journal of Animal Science 53: 666-669.

Olori V, Brotherstone S, Hill WG, Mcgirck BJ (1999). Fit of standard models of the lactation curve to weekly records of milk production of cows in a single herd. Livestock Production Science 58: 55-63.

Papajcsik IA, Bodero J (1988). Modeling lactation curves of Friesian cows in a subtropical climate. Animal Production 47: 201-207.

Pollot GE, Gootwine E (2000). Appropriate mathematical models for describing the complete lactation of dairy sheep. Animal Science 71: 197-207.

Pulina G, Nudda A, Battacone G, Cannas A (2006). Effects of nutrition on the contents of fat, protein, somatic cells, aromatic compounds, and undesirable substances in the sheep milk. Animal Feed Science and Technology 131: 255-291.

Reynolds LL, Brown DL (1991). Assessing dairy potential of Western White-Faced ewes. Journal of Animal Science 69: 1354-1362.

Ruiz R, Oregui LM, Herrero M (2000). Comparison of models for describing the lactation curve of Latxa sheep and an analysis of factors affecting milk yield. Journal of Dairy Science 83: 2709-2719.

Sánchez L, Fernández B, López M, Sánchez B (2000). Caracterización racial y orientaciones productivas de la raza ovina Gallega. Archivos de Zootecnia, 49, 167-174.

Sikka LC (1950). Study of lactation as affected by heredity and environment. Journal of Dairy Research 17: 231-239.

SPSS (2008). SPSS Release 15.0 for Windows. User's guide,. SPSS Inc., Chicago IL, EE. UU.

Takma C, Akbas Y, Taskin T (2009). Modelling lactation curves of Turkish Saanen and Bornova goats. Asian Journal Animal Veterinary 4: 122-129.

Velasco S, Cañeque V, Pérez C, Lauzurica S, Díaz MT, Huidobro F, Manzanares C, González J (2001). Fatty acid composition of adipose depots of suckling lambs raised under different production systems. Meat Science 59: 325-333.

Wiltmink JBM (1987). Comparison of different methods of predicting 305-day milk yield using means calculated from within herd lactation curves. Livestock Production Science 17: 1-17.

Wood PDP (1967). Algebraic model of the lactation curve in cattle. Nature 216: 164-165.

(Aceptado para publicación el 17 de abril de 2015)

Relaciones entre los efectos del gen *BMP15* y los efectos poligénicos sobre la prolificidad en la raza ovina Rasa Aragonesa

S. Fathallah[1,*], J.L. Alabart[2], L. Bodin[1], M.A. Jiménez-Hernando[3], B. Lahoz[2], E. Fantova[4], I. David[1] y J.J. Jurado[3]

[1] INRA, UMR1388 Génétique, Physiologie et Systèmes d'Elevage, F-31326, Castanet-Tolosan, France
[2] CITA de Aragón. Av. de Montañana 930. 50059 Zaragoza, España
[3] Departamento de Mejora Genética Animal. INIA. Ctra. La Coruña, km 7,5. 28040 Madrid, España
[4] UPRA-Grupo Pastores. 50014 Zaragoza, España

Resumen

Los efectos del gen *BMP15*, localizado en el cromosoma X, sobre la media y la variabilidad de la prolificidad fueron estimados en la población Rasa Aragonesa, donde se analizaron 918.956 partos de ovejas de distintos genotipos (heterocigotas para el alelo *FecX*^{R} o ROA®; y no portadoras). En primer lugar, se utilizaron modelos umbral que incluían o no el efecto del gen para estimar el efecto del genotipo *BMP15* y su contribución a la variabilidad genética de la prolificidad en esta población. También se utilizaron otros dos modelos para estimar las interacciones entre el genotipo y los poligenes, así como el efecto del genotipo sobre la variabilidad de la prolificidad. Todos los análisis se hicieron con el programa ASReml. El efecto del genotipo sobre la media fue de 0,32 corderos adicionales por parto cuando el alelo ROA® se encontraba presente. Debido a que durante muchos años la selección por prolificidad en esta población se ha llevado a cabo desconociendo la presencia de esta mutación, los animales selectos portadores tienen un valor genético poligénico residual más bajo que los no portadores. No se encontró interacción significativa entre el genotipo y los efectos poligénicos sobre el valor genético. Aunque la interacción entre el genotipo y el conjunto de umbrales fue significativa, la diferencia entre ambos genotipos en la varianza de la prolificidad sobre la escala observada a una prolificidad media dada es escasa y muy poco relevante.

Palabras clave: *BMP15*, prolificidad, efecto poligénico.

Abstract

Relationship between the effects of the *BMP15* gene and the polygenic effects on prolificacy in the Rasa Aragonesa sheep breed

The effects of the *BMP15* gene, located on the X chromosome, on mean prolificacy and its variability, were estimated in the Rasa Aragonesa sheep population through the analysis of 918,956 lambing records from ewes of different genotypes (*FecX*^{R} or ROA® heterozygous ewes; and non-carrier ewes). Threshold models including or not the gene effect were first run to determine the effect of the *BMP15* genotype and its importance in the total genetic variability of prolificacy. Two other models were also run to estimate the interaction between the *BMP15* genotype and the polygenic background, as well as the

* Autor para correspondencia: Loys.Bodin@toulouse.inra.fr
http://dx.doi.org/10.12706/itea.2016.003

effect of the genotype on the variability of prolificacy. All the models were run using the ASReml software. The effect of the presence of the ROA® allele of the *BMP15* gene on the mean prolificacy was 0.32 extra lambs per lambing. Due to the selection on prolificacy performed during many years in this population ignoring the presence of this major gene, animals carrying the mutation were found to have lower remaining polygenic estimated breeding values than non-carrier animals, and there was no interaction between the *BMP15* genotype and the polygenic background. Although the interaction between the genotype and the set of thresholds was significant, the resulting between-genotypes difference of variance of prolificacy on the observed scale, at a similar mean litter size, was very low and not relevant.

Key words: *BMP15*, prolificacy, polygenic effect, breeding value.

Introducción

Desde que Piper y Bindon (1982) descubrieron el primer gen mayor que controla la prolificidad en la especie ovina, se han publicado hasta ahora 14 mutaciones localizadas en 4 genes distintos (8 mutaciones en *BMP15*; 4 en *GDF9*; 1 en *BMPR1b*, 1 en *B4GALNT2*) con un gran efecto sobre la tasa de ovulación y por lo tanto sobre la prolificidad de las ovejas (Fabre *et al*., 2015). A pesar de esa multiplicidad, el número de poblaciones ovinas que realmente manejan alguno de esos genes como herramienta de mejora es escaso. Las situaciones de la raza Lacaune en Francia y de la raza Rasa Aragonesa en España son destacables. Desde el descubrimiento de las mutaciones $FecL^L$ (Bodin *et al.*, 2002) y $FecX^R$ (Jurado y Calvo, 2007; Martinez-Royo *et al.*, 2008), los organismos de selección de ambas poblaciones decidieron aumentar el número de hembras heterocigotas en los rebaños: $FecL^L/FecL^+$ (o L+) en el caso de la raza Lacaune y $FecX^R/FecX^+$ (o sencillamente R+) en el caso de la Rasa Aragonesa. Pero debido a la hiperprolificidad de las homocigotas $FecL^L/FecL^L$ (o LL) y a la esterilidad de las homocigotas $FecX^R/FecX^R$ (o RR) estos organismos decidieron evitar la generación de tales animales (Folch *et al.*, 2010; Martin *et al.*, 2014). Si bien el efecto de esos genes sobre la tasa de ovulación y la prolificidad es bien conocido (Bodin *et al.*, 2002; Lahoz *et al.*, 2009), es preciso determinar las relaciones entre estos efectos y los efectos del fondo poligénico para una gestión más precisa y especialmente para mejorar la orientación de la selección y lograr una evaluación genética más eficaz. Estas relaciones no habían sido estudiadas por falta de datos suficientes. Sin embargo, debido a la transmisión particular del alelo ROA® del gen *BMP15* en la población de producción (localización en el cromosoma X y esterilidad de las hembras homocigotas), se dispone ahora en Rasa Aragonesa de un gran número de hembras con genotipo conocido, obtenido bien por genotipado o por deducción a partir del genotipo de sus parientes. El objetivo de este trabajo es evaluar las relaciones entre el efecto del alelo ROA® del gen *BMP15* y los efectos poligénicos sobre la prolificidad de la Rasa Aragonesa. La metodología de este estudio podrá ser utilizada posteriormente para la raza Lacaune cuando se disponga de una cantidad de datos suficiente así como para cualquier población donde un gen mayor que controla un carácter discreto esté en segregación.

Material y métodos

Los datos proceden de la base de datos utilizada para la evaluación genética de la población Rasa Aragonesa de UPRA-Grupo Pastores (Jurado, 2014) e incluyen: 1) los partos procedentes de monta natural de 269.503 ovejas, que se componen de 918.956 registros

de parto con sus características recogidos durante 15 años en 309 rebaños; 2) el pedigrí tras 7 generaciones de dichas ovejas; 3) el genotipo *BMP15* de dichas ovejas y el de sus padres. Los efectos considerados en los análisis de esa muestra global fueron: la combinación rebaño-año-mes del parto (*RAM*: 15.704 niveles), la edad al parto medida en años (*Edad*: 9 niveles), el tiempo transcurrido entre el parto anterior y la fecha de fecundación (intervalo post-parto; *PostP*: 5 niveles: <90 días; 90-160 días; 161-1000 días; >1000 días; primer parto), el genotipo (*Genot*: 3 niveles: no portadora [++], n = 1.023; heterocigota [R+], n = 10.013; o desconocida [desc.] n = 258.467), el efecto permanente ligado a cada oveja productiva (*Perm*: 269.503 niveles), y finalmente, el efecto genético aditivo que corresponde al número de animales en el pedigrí (*u*: 305.703 niveles). En este estudio, los partos de más de 3 corderos fueron agrupados en la categoría "4+". La distribución por genotipos en función del tipo de parto observado en esta muestra global aparece en la Tabla 1.

Tabla 1. Distribución (números y %) del tipo de parto (TP) observado para cada genotipo y prolificidad en la muestra global analizada
Table 1. Distribution (numbers and %) of the observed litter size (TP) for each genotype in the global sample

Genotipo		TP = 1	TP = 2	TP = 3	TP = 4+	Partos totales	Prolificidad observada
++	n	1.453	588	22	3	2.066	1,31
(1.023 ♀)	%	70,3	28,5	1,1	0,15		
R+	n	12.501	14.200	2.526	210	29.437	1,68
(10.013 ♀)	%	42,5	48,2	8,6	0,71		
desc.	n	608.755	268.218	10.035	445	887.453	1,33
(258.467 ♀)	%	68,6	30,2	1,1	0,05		

El tipo de parto (TP) es una variable discreta que se analizó mediante el software ASReml (Gilmour *et al*., 2009), utilizando varios modelos umbral (Gianola, 1982). La parametrización utilizada para todos los modelos supone que la variable subyacente sigue una distribución normal estandarizada $l \sim N(0, 1)$ y que el vector de umbrales $\mathbf{t} = (\tau_1, \tau_2, \tau_3)$, que determina las cuatro categorías de parto, está afectado por efectos ambientales y genéticos. Todos los modelos incluyeron tres efectos aleatorios: la interacción rebaño-años-mes de parto ($RAM \sim N(0, \sigma^2_{RAM})$), un efecto genético aditivo animal ($u \sim N(0, \sigma^2_u \otimes A)$) asociado a la matriz de parentesco entre los individuos, y un efecto ambiental permanente ligado a cada oveja ($Perm \sim N(0, \sigma^2_{Perm})$).

El primer modelo (M1) consideró únicamente como efectos fijos la edad de la oveja al parto (*Edad*) y el intervalo post-parto (*PostP*):

$$t = \mu + RAM + Edad + PostP + u + Perm$$

El segundo modelo (M2) también incluyó el efecto fijo del genotipo (*Genot*), resultando el modelo:

$$\mathbf{t} = \mu + RAM + Edad + PostP + Genot + u + Perm$$

A continuación, se probó un tercer modelo (M3) que incluyó la interacción entre el efecto genético aditivo y el factor genotipo,

para tener en cuenta la interacción entre los efectos poligénicos y el efecto del genotipo sobre la media del carácter:

$$\mathbf{t} = \mu + RAM + Edad + PostP + Genot.u + Perm$$

Donde: *Genot.u* es una variable normal *Genot.u* $\sim N(0, G \otimes A)$, siendo $G = \begin{pmatrix} \sigma^2_{u^{++}} & \sigma_{u^{++}u^{R+}} \\ \sigma_{u^{++}u^{R+}} & \sigma^2_{u^{R+}} \end{pmatrix}$ la matriz de varianza-covarianza entre los valores genéticos u^{++} y u^{R+} de cada individuo y *A* la matriz de parentesco entre los individuos. Debido a problemas de estructura de datos, no se pudieron estimar los parámetros de este modelo sobre la muestra global; se utilizó entonces para este modelo una submuestra que consideraba únicamente los animales de genotipo conocido con más de tres partos naturales (22.946 partos de 5.035 hembras de genotipo ++ o R+). Finalmente, para estimar un posible efecto del genotipo sobre la variabilidad del carácter, se probó sobre la muestra global un cuarto modelo (M4) con los mismos efectos que el modelo M1 y la interacción entre el factor genotipo y los umbrales. Para ello se utilizó una posibilidad del programa ASReml que consistió en considerar un vector de umbrales para cada genotipo, en vez de considerar un solo vector de umbrales común para los genotipos. Al igual que en el modelo sin interacciones, el programa supone que estos vectores están sometidos a efectos ambientales y genéticos:

$$\{\mathbf{t}^{++}, \mathbf{t}^{R+}, \mathbf{t}^{desc}\} = \mu + RAM + Edad + PostP + + u + Perm$$

Las comparaciones entre los modelos se realizaron a partir del criterio de información de Akaike (AIC). Las estimaciones de la prolificidad media y de su varianza sobre la escala observada se calcularon a partir de las estimaciones de cada tipo de parto proporcionadas con el modelo de umbrales: la probabilidad de repuesta en la *j-ésima* categoría del nivel *i* de un efecto (por ejemplo *i* = ++, R+ o desc. para el efecto genotipo) fue estimada mediante $\hat{\Pi}^i_j = \Phi(\hat{T}^i_j) - \Phi(\hat{T}^i_{j-1})$ donde $\Phi(x)$ es la función de distribución acumulada de la distribución normal y el vector $\{\hat{T}^i\}$ proviene de las soluciones para el nivel *i* del efecto en el modelo considerado. La media y la varianza sobre la escala observada se calcularon finalmente a partir de las fórmulas siguientes:

$$\mu^i_{obs} = \sum_{j=1}^{4} j\hat{\Pi}^i_j \quad \text{y} \quad \sigma^{2_i}_{obs} = \sum_{j=1}^{4} j^2\hat{\Pi}^i_j - \hat{\mu}^{i}_{obs}{}^2$$

Aunque los valores genéticos se estimaron para todos los individuos del pedigrí, se presentan únicamente los de las ovejas que han tenido por lo menos un parto.

Resultados y discusión

Justificación del uso de un modelo umbral

Debido a la naturaleza discreta de la variable "tipo de parto", que además tiene pocas categorías (TP4+ <1%), existe una relación muy fuerte entre su media y su varianza. Por lo tanto, la metodología clásica de análisis de varianzas no está bien adaptada para estudiar este tipo de carácter. El modelo umbral, desarrollado por Gianola (1982), permite superar una parte de los problemas pero, al ser un modelo no lineal, crea otras dificultades. Sin embargo, numerosos estudios demuestran que bajo ciertas condiciones (calidad del protocolo experimental, porcentaje de cada categoría, etc.) hay una escasa diferencia entre los resultados obtenidos con estas dos metodologías (David *et al.*, 2007). Además, Jurado y Espinosa (1996), mostraron precisamente en la Rasa Aragonesa que la evaluación genética de la prolificidad podía hacerse utilizando un modelo clásico lineal en vez del modelo umbral. En el presente estudio, se ha utilizado el modelo umbral porque, tal y como lo han mostrado Martin *et al.* (2014) y Bodin *et al.* (2015), la posibilidad de introducir una interacción entre los umbrales y cual-

quier otro factor del modelo (ambiental o genético), permite modelizar el efecto de ese factor sobre la variabilidad del carácter.

Modelos que ignoran la presencia del gen o suponen un simple efecto sobre la media

Los parámetros genéticos de la variable subyacente y la media de los valores genéticos estimados en los modelos que ignoran la presencia del genotipo ROA (M1) o que consideran que este tiene solamente un efecto sobre la media (M2), se presentan en la Tabla 2. Como era de esperar, la varianza genética estimada es menor cuando el efecto del gen mayor ROA está incluido en los modelos. En estos casos, la varianza genética es puramente poligénica (debido a los genes de pequeño efecto), lo que permite estimar que el genotipo ROA representa alrededor del 20% de la variabilidad genética en esta población.

Tabla 2. Varianzas, parámetros genéticos de la prolificidad y medias de los valores genéticos estimados sobre la escala subyacente[1]
Table 2. Variance components of the models and genetic parameters estimated on the underlying scale

Parámetro	Modelo M1 (sin el factor genotipo)	Modelo M2 (con el factor genotipo)
σ^2_{animal}	0,1202 *(0,0038)*	0,0967 *(0,0039)*
$\sigma^2_{permanente}$	0,0228 *(0,0037)*	0,0394 *(0,0039)*
Heredabilidad: h^2	0,105 *(0,001)*	0,085 *(0,003)*
Repetibilidad: r	0,125 *(0,003)*	0,120 *(0,001)*
Efecto del gen (escala observada)	/	0,32
– Valor genético[2]: media de ++	-0,1719 *(0,2273)*	-0,0147 *(0,1195)*
– Valor genético: media de R+	-0,5614 *(0,3419)*	-0,0049 *(0,1819)*
– Valor genético: media de desconocido	-0,0113 *(0,1520)*	-0,0104 *(0,1263)*

[1] Error estándar entre paréntesis.

[2] Valores genéticos calculados sobre la escala de la variable subyacente. Los valores más altos corresponden a la prolificidad más baja: cuanto más altos son los umbrales, mayor es la proporción de la variable subyacente que está por debajo (y viceversa).

El efecto medio del alelo *FecX*^{R}, estimado como la diferencia entre las medias del tipo de parto sobre la escala observada para los genotipos ++ y R+, es de 0,32 corderos por oveja y parto (1,62-1,29), lo que se corresponde con las estimaciones previamente obtenidas por Jurado *et al.* (2008) y Lahoz *et al.* (2011). Este efecto es de la misma magnitud que la de otros genes mayores, aunque ligeramente inferior al efecto de los genes Booroola o Lacaune (Martin *et al.*, 2014). Los valores genéticos estimados con el modelo M1, que ignora la presencia del gen mayor y que por lo tanto incluye de manera oculta el efecto de ese gen, son obviamente mejores para los individuos R+ que para los de genotipo descono-

cido y los ++ (Tabla 2). Nótese que los valores genéticos están expresados en términos de la variable subyacente, de forma que los valores más altos corresponden a la prolificidad más baja: cuanto más altos son los umbrales, mayor es la proporción de la variable subyacente que está por debajo (y viceversa).

Los valores genéticos proporcionados por el modelo M2 representan los valores exclusivamente poligénicos y su media intra-genotipo es próxima a cero. Sin embargo nótese que estos valores genéticos poligénicos son significativamente mejores (P<0,001) para los ++ (μ = -0,0147) que para los R+ (μ = -0,0049). Este fenómeno es debido sencillamente a la selección de los individuos más prolíficos durante más de 35 años (Perez-Almero y Valls Ortiz, 1977) sobre un valor genético global que era la suma del valor poligénico y del valor del alelo del gen mayor. Para un valor global dado, los individuos ++ tienen necesariamente un mejor valor poligénico (Figura 1).

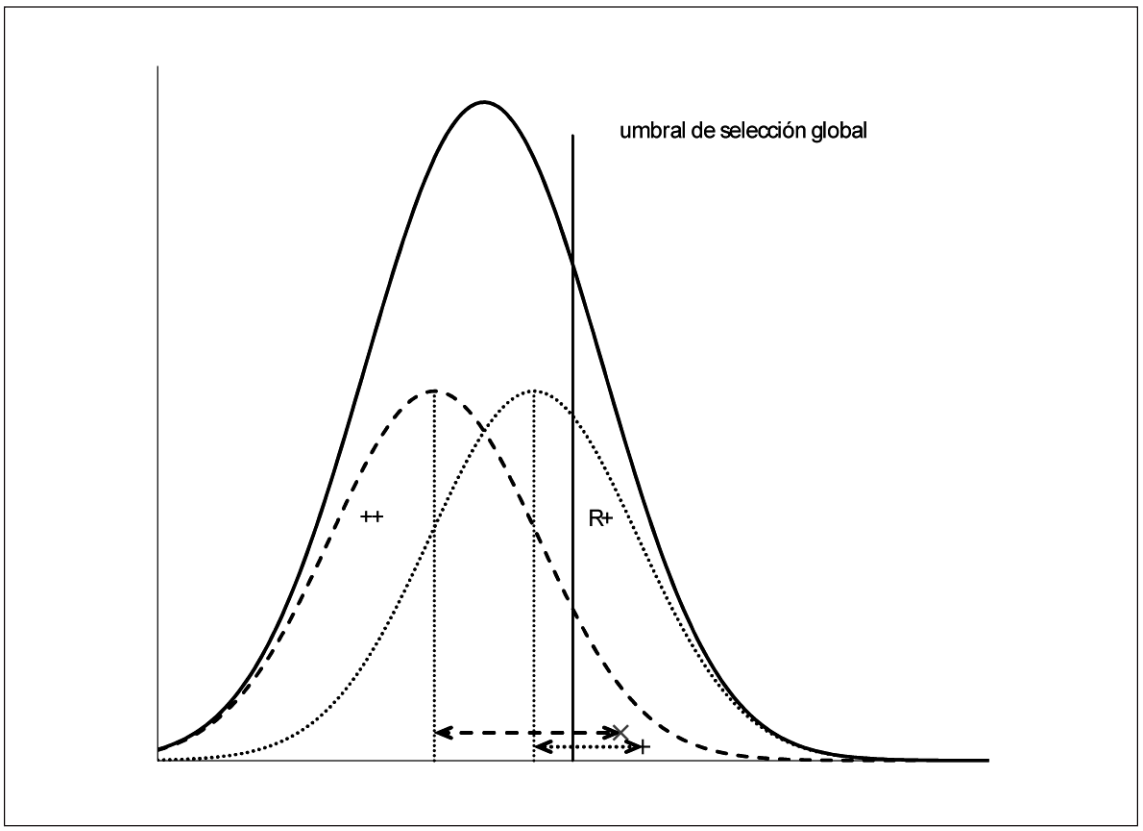


Figura 1. Distribución teórica de los valores genéticos globales (línea continua) y media de los individuos seleccionados de cada genotipo (++: X y R+: +) sobre la escala observada, así como la distribución de los valores poligénicos de cada genotipo con su media relativa (++: <- - - -> y R+: <·····>).
Figure 1. Theoretical distributions of the global breeding values (solid line) and mean of selected animals for each genotype (++: X y R+: +) on the observed scale, as well as polygenic distribution for each genotype with its relative mean (++: <- - - -> *y* R+: <·····>*).*

La Tabla 3 presenta el porcentaje de las hembras reproductoras ++ y R+ de la muestra global que hay en distintos cuantiles de la distribución de los valores genéticos estimados con el modelo M1. Esta tabla indica también el valor poligénico (modelo M2) de estos animales y la diferencia de valores poligénicos entre los ++ y R+ de cada grupo. Podemos averiguar que, dentro de las 25% mejores ovejas clasificadas sobre su valor genético global, están incluidas solo un 5% de las mejores ++, frente a un 44% de las R+. Como consecuencia, las ++ tienen un valor poligénico más alto que las R+. Este fenómeno clásico en un caso de selección de un carácter en presencia de un gen mayor, explica los valores poligénicos más bajos de los machos R+ comparando con los ++ en el catálogo de sementales de la cooperativa UPRA-Grupo Pastores (Jurado, 2014). Esta mera asociación entre genes, muy distinta de una interacción entre genes, seguramente empezó a evolucionar desde el año 2009 cuando la selección sobre el valor poligénico reemplazó la selección sobre el valor genético global.

La heredabilidad de los efectos poligénicos sobre la escala subyacente (Tabla 2) es baja y consistente con los valores encontrados en la literatura, pero ligeramente superior a las estimaciones obtenidas por Jurado *et al.* (2008) en esta raza. Sin embargo, en el citado trabajo analizaron los partos como un carácter continuo y Gianola (1982) mostró que la heredabilidad sobre la escala subyacente es siempre superior a la heredabilidad de los datos observados. Por otra parte, se consideraron los partos procedentes de celo natural y de celo inducido por tratamiento hormonal como el mismo carácter mientras que hoy sabemos que son dos caracteres distintos con una correlación genética de 0,75 (Baelden *et al.*, 2005).

Tabla 3. Porcentajes de las hembras ++ y R+ de la población en diversas muestras de individuos elegidos sobre valores genéticos globales (modelo M1); valores genéticos poligénicos medios de estos individuos (modelo M2) y diferencia entre genotipos
Table 3. Percentages of the ++ and R+ ewes form the population in samples chosen on the global genetic value (Model M1); polygenic breeding values of these females (Model M2) and difference between genotypes

Porcentajes de individuos (incluyendo los desconocidos)	Porcentajes de ++ y R+ incluidos en la muestra		Valor genético poligénico[1]		Diferencia de valor genético poligénico (R+) – (++)
	++	R+	++	R+	
10%	1%	18%	-0.437	-0.193	0,244
25%	5%	44%	-0.286	-0.092	0,194
50%	32%	75%	-0.125	-0.022	0.103
75%	69%	91%	-0.052	0.003	0,055
100%	100%	100%	-0.006	0.027	0,033

[1] Valores genéticos poligénicos (modelo M2) calculados sobre la escala de la variable subyacente. Los valores más altos corresponden a la prolificidad más baja; diferencias positivas entre R+ y ++ indican que los ++ tienen mejores valores poligénicos (ver Figura 1).

Interacción entre el efecto del genotipo ROA y los efectos poligénicos sobre la media

Desafortunadamente, la estructura de la muestra global no permitió estimar la interacción entre el genotipo del animal y su efecto poligénico, cualesquiera que fueran los otros factores del modelo. La transmisión particular del gen y su modo de gestión en la población introducen confusiones entre el genotipo del animal, su valor poligénico y su valor de efecto permanente. De hecho, la mayor parte de la información que permite estimar los efectos poligénicos (separados de los efectos permanentes) viene de las relaciones entre medias hermanas de padre (sobre todo de los padres usados en inseminación con un gran número de hijas). Como intrafamiliarmente tienen casi todas el mismo genotipo (excepto algunas hijas de los machos ++), no se puede medir la interacción. El hecho de que los machos portadores no transmiten la mutación a sus hijos machos no permite evitar la confusión, puesto que estos hijos tienden a tener un valor poligénico más bajo que la media (ver párrafo anterior), y por lo tanto son muy poco utilizados y tienen poca descendencia. Sin embargo, considerar una submuestra limitada, construida únicamente con los partos de ovejas de genotipo conocido que tienen por lo menos 3 partos naturales, permite obtener parámetros satisfactorios con el modelo que incluye la interacción alelo ROA-poligenes (Tabla 4).

Tabla 4. Varianzas (σ^2) y parámetros genéticos de la prolificidad sobre la escala subyacente en un modelo con interacción entre los efectos poligénicos y el genotipo ROA[1]
Table 4. Variance (σ^2) components and genetic parameters of litter size on the underlying scale in a model including the interaction between the polygenic effects and the ROA genotype

Parámetro	++	R+
$\sigma^2_{permanente}$	0,0306 *(0,028)*	
$\sigma^2_{animal.genotipo}$	0,163 *(0,062)*	0,167 *(0,035)*
Heredabilidad: h^2	0,137 *(0,046)*	0,136 *(0,050)*
Repetibilidad: r	0,163 *(0,039)*	0,165 *(0,010)*
Correlación genética	0,983 *(0,293)*	

[1] Submuestra limitada a partos de individuos de genotipo conocido y con más de 3 partos.

En esta submuestra, el efecto del gen sobre la escala observada es de 0,34 corderos por parto, lo que es muy próximo al efecto encontrado sobre la muestra global y confirma de cierta forma la validez de ese muestreo. Según este modelo, es posible estimar efectos poligénicos para cada genotipo o en los dos ambientes genotípicos (++ y R+). Las varianzas genéticas y las heredabilidades (Tabla 4) son ligeramente más altas que en la muestra global con el modelo sin interacción (Tabla 2). Esto es debido al escaso porcentaje de individuos de genotipo desconocido de quienes se conoce por lo menos la madre (45%) en la muestra global, mientras que estos porcentajes son del 63% y 91% para los ++ y R+ en la submuestra. Sin embargo, estos parámetros son casi iguales en los dos ambientes genotípicos y la correlación genética es muy alta y no difiere de 1. Por lo tanto, se puede concluir que

no hay interacción relevante entre el genotipo ROA y los otros genes. Este resultado deberá confirmarse más adelante cuando la gestión del gen y el uso de los valores genéticos poligénicos haya aumentado los vínculos entre individuos de genotipo diferente.

Efecto del genotipo ROA sobre la media y la variabilidad de la prolificidad

La introducción en el modelo de una interacción entre el genotipo del animal y los umbrales de la variable subyacente permite ajustar a la vez un efecto del genotipo sobre la media de los tipos de parto y sobre su variabilidad. El modelo umbral clásico supone la existencia de una variable subyacente normal estándar N ($\mu = 0$, $\sigma^2 = 1$) y unos umbrales que varían conjuntamente según los factores de variación. Estas variaciones (traslación del vector de umbrales) cambian las proporciones de las categorías delimitadas por los umbrales; y por lo tanto cambian, de manera totalmente ligada, la media y la varianza sobre la escala observada. La mayor parte de los cambios de varianza de los tipos de partos entre razas de ovino es una consecuencia directa de la variación de la prolificidad media (Bodin y Elsen, 1989). En nuestro estudio, la interacción entre el genotipo y los umbrales (Figura 2 y Tabla 5) es significativa (P<0,001) y produce dos efectos: un cambio de la media sobre la escala observada y un cambio adicional de la variabilidad. El efecto sobre la media es parecido al encontrado en el modelo sin interacción. La existencia de umbra-

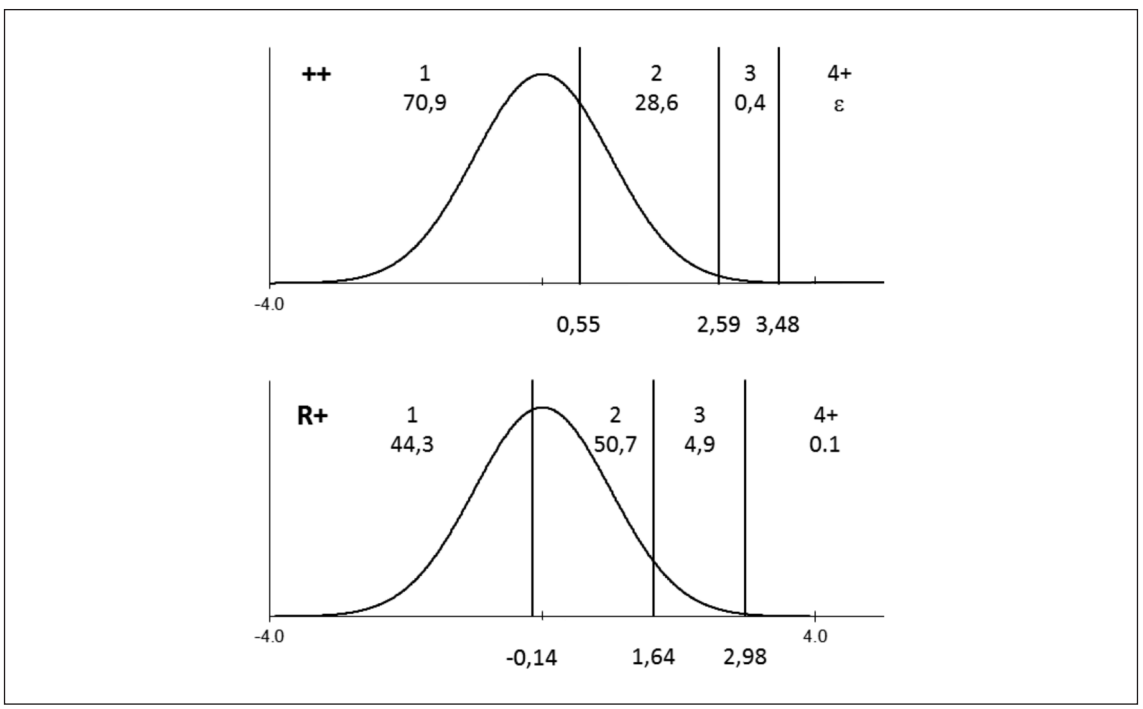


Figura 2. Distribución de la variable subyacente Normal (0, 1) y valores de los umbrales de cada genotipo que delimitan las distintas categorías del tipo de parto.
Figure 2. Distribution of the underlying variable N(0,1) and threshold values delimiting the litter size values for each genotype.

les específicos a cada genotipo modifica más la distribución que si fuera solamente una traslación del conjunto de umbrales y conlleva un incremento de variabilidad adicional al meramente ligado al aumento de la media. Puede apreciarse (Tabla 5) que para unas medias de la variable subyacente que proporcionan la misma media en ++ y R+, la varianza sobre la escala observada es siempre superior para los animales R+. Sin embargo, esta diferencia debida a un solo gen es muy escasa. Por otra parte, la distancia entre los dos primeros umbrales es superior para las ++ ($\Delta^{++}_{2\text{-}1}$ = 2,04) que para las R+ ($\Delta^{R+}_{2\text{-}1}$ = 1,78) mientras que la distancia entre el segundo y tercer umbral es inferior para los ++ ($\Delta^{++}_{3\text{-}2}$ = 0,88) que para los R+ ($\Delta^{R+}_{3\text{-}2}$ = 1,34).

En consecuencia, no se puede establecer una transformación lineal entre estos dos conjuntos de umbrales, lo que no permite pasar de un conjunto al otro por un simple cambio de escala (scaling factor), lo que podría interpretarse como un cambio de varianza de la variable subyacente (Martin *et al.*, 2014). Aunque la interacción entre el genotipo y los umbrales es altamente significativa y los conjuntos de umbrales de las ++ y R+ son significativamente diferentes, como se ha visto en Bodin *et al.* (2015), el efecto adicional del gen sobre la varianza del tamaño de camada es muy escaso y parece carecer de relevancia. Por otra parte, el criterio AIC, que mide la calidad relativa de los modelos estadísticos, es mejor para el modelo simple M2 (AIC = 123.324) que para el modelo con la interacción entre el efecto del gen y los umbrales (AIC = 123.400) lo que nos hace rechazar definitivamente el modelo más complejo.

Tabla 5. Umbrales estimados para cada genotipo y distribución de los tipos de partos según distintos parámetros de la variable subyacente
Table 5. Estimates of the threshold values for each genotype and litter size distribution for different values of the parameters of the underlying variable

Umbrales	Genotipo ++				Genotipo R+			
T_1	0,5517 *(0,0347)*				-0,1445 *(0,0164)*			
T_2	2,5955 *(0,0936)*				1,6358 *(0,0184)*			
T_3	3,4764 *(0,2366)*				2,9777 *(0,3340)*			
Parámetros de la variable subyacente								
μ	**0**	0,271	0,502	0,741	-0,710	-0,447	-0,225	**0**
σ^2	**1**	1	1	1	1	1	1	**1**
Distribución de los tipos de partos sobre la escala observada								
μ_{obs}	**1,296**	1,400	1,500	1,610	1,296	1,400	1,500	**1,610**
σ^2_{obs}	**0,219**	0,263	0,292	0,314	0,228	0,278	0,315	**0,346**
%TP1	**70,9**	61,1	52,0	42,5	71,4	61,9	53,2	**44,3**
%TP2	**28,6**	37,9	46,2	54,3	27,6	36,2	43,7	**50,7**
%TP3	**0,4**	0,9	1,7	2,9	0,9	1,8	3,1	**4,9**
%TP4+	**0,03**	0,07	0,15	0,31	0,01	0,03	0,07	**0,15**

Conclusiones

La presencia del alelo ROA en la población Rasa Aragonesa aumenta la prolificidad de una manera muy favorable para los ganaderos puesto que no proporciona porcentajes muy elevados de corderos nacidos de parto triple o de orden superior. La separación entre el efecto del gen y los efectos puramente poligénicos muestra la inferioridad poligénica de los animales portadores de la mutación, pero dicha inferioridad no es debida a una interacción o efectos epistáticos entre el alelo ROA y los poligenes. Esta asociación del alelo ROA a valores genéticos poligénicos más bajos se puede separar fácilmente mediante selección. Aparte de esta ausencia de interacción, la ausencia de efecto relevante del gen sobre la variabilidad del tipo de parto es también particularmente interesante. Todos estos argumentos refuerzan aún más el interés de este gen para la gestión actual y futura de la prolificidad. Sin embargo, se plantea ahora la cuestión de determinar cómo utilizar las informaciones genotípicas y poligénicas en el proceso de selección. Una cierta presión de selección tiene que estar orientada hacia las cualidades maternales de las ovejas, puesto que tienen que asegurar el crecimiento de los corderos suplementarios, pero no se puede eliminar la prolificidad del objetivo de selección. De hecho, dejar de seleccionar poligénicamente la prolificidad o aplicar la misma presión de selección para los ++ que la presión actual sobre los R+ llevaría a un descenso en la prolificidad. Existen varias soluciones (Manfredi *et al*., 1998) que permiten no fijar la mutación sino mantenerla a una cierta frecuencia y gestionar los apareamientos conociendo los genotipos y los valores poligénicos. Si bien la solución óptima, descrita por Manfredi *et al*. (1998), es complicada de aplicar, la selección única utilizando la suma de los valores poligénicos y genotípicos es relativamente fácil. Una solución intermedia sería seleccionar los ++ y los R+ sobre su valor poligénico, pero utilizando reglas de gestión de los animales específicas para cada genotipo; por ejemplo, utilizando simplemente presiones de selección distintas.

Agradecimientos

Ese trabajo se ha realizado en el marco de la tesis doctoral de Samira Fathallah financiada por el INRA (Francia) y el CORAM (Collectif des Races des Massifs, Francia). Los datos necesarios para la elaboración de este trabajo se obtuvieron gracias a la cofinanciación de proyectos INIA y CDTI.

Bibliografía

Baelden M, Tiphine L, Poivey JP, Bouix J, Bibe B, Robert-Granie C, Bodin L (2005). Estimation of genetic parameters for litter size after natural and hormone-induced oestrus in sheep. Livestock Production Science 97: 275-281.

Bodin L, Elsen JM (1989). Variability of litter size of french sheep breeds following natural or induced ovulation. Animal Production 48: 535-541.

Bodin L, SanCristobal M, Lecerf F, Mulsant P, Bibe B, Lajous D, Belloc JP, Eychenne F, Amigues Y, Elsen JM (2002). Segregation of a major gene influencing ovulation in progeny of Lacaune meat sheep. Genetics Selection Evolution 34: 447-464.

Bodin L, Alabart JL, Fathallah S, Jimenez-Heranando M, Lahoz B, David I, Fantova E, Jurado JJ (2015). Efecto del gen *BMP15* sobre la distribucion del tipo de parto en ovejas Rasa Aragonesa. En: XVI Jornadas sobre Producción Animal (Eds. J Álvarez-Rodríguez, B Panea, JH Calvo, M Blanco, A Abecia, D Villalba, MA Latorre), pp. 498-500. Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA), Zaragoza, España.

David I, Bodin L, Lagriffoul G, Leymarie C, Manfredi E, Robert-Granie C (2007). Genetic analysis of male and female fertility after artificial insemination in sheep: Comparison of single-trait and joint models. Journal of Dairy Science 90: 3917-3923.

Fabre S, Demars J, Drouilhet L, Mansanet C, Tosser Klopp G, Bodin L (2015). Major genes influencing prolificacy in sheep: A source of basic knowledge of ovarian function and a tool for genetic improvement. XXIII Plant & Animal Genome Conference. San Diego, California, EE. UU. 10-14 enero 2015.

Folch J, Jurado JJ, Calvo JH, Martínez Royo A, Alabart JL, Lahoz B, Fantova E (2010). Cómo mejorar la prolificidad de las ganaderías de ovino de carne mediante el programa de divulgación de la variante génica rasa oviaragón (ROA). Pequeños Rumiantes 11: 17-20.

Gianola D (1982). Theory and analysis of threshold characters. Journal of Animal Science 54: 1079-1096.

Gilmour AR, Gogel BJ, Cullis BR, Thompson R (2009). ASReml user guide release 3.0. VSN: Hemel Hempstead: VSN International Ltd.

Jurado JJ, Espinosa MJ (1996). Problemática del desarrollo de un programa de mejora genética en prolificidad en la raza Rasa Aragonesa. Inforamación Técnica Económica Agraria 92A: 44-56.

Jurado JJ, Calvo JH (2007). ¿Un gen de gran efecto para prolificidad en raza Rasa Aragonesa? En: XII Jornadas sobre Produccion Animal. Zaragoza. Información Técnica Económica Agraria. Volumen extra 28: 504-506.

Jurado JJ, Martinez-Royo A, Calvo JH (2008). Efecto fenotípico del alelo *BMP15*/*FecX*^{R} en la prolificidad de la poblacion de Carnes Oviaragon S.C.L. Inforamación Técnica Económica Agraria 104: 149-154.

Jurado JJ (2014). 21° Catálogo de reproductores de UPRA-Grupo Pastores.

Lahoz B, Alabart JL, Echegoyen E, Sanchez P, Calvo JH, Martinez-Royo A, Jurado JJ, Fantova E, Folch J (2009). Efecto del alelo *FecX*^{R} del gen *BMP15* sobre la tasa de ovulacion y la prolificidad en ovejas Rasa Aragonesa. En: XIII Jornadas sobre Producción Animal, pp. 678-680. Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA), Zaragoza, España.

Lahoz B, Alabart JL, Jurado JJ, Calvo JH, Martínez-Royo A, Fantova E, Folch J (2011). Effect of the *FecX*^{R} polymorphism in the bone morphogenetic protein 15 gene on natural or equine chorionic gonadotropin-induced ovulation rate and litter size in Rasa Aragonesa ewes and implications for on-farm application. Journal of Animal Science 89(11): 3522-3530.

Manfredi E, Barbieri M, Fournet F, Elsen JM (1998). A dynamic deterministic model to evaluate breeding strategies under mixed inheritance. Genetics Selection Evolution 30: 127-148.

Martin P, Raoul J, Bodin L (2014). Effects of the *FecL* major gene in the Lacaune meat sheep population. Genetics Selection Evolution 46: 48.

Martinez-Royo A, Jurado JJ, Smulders JP, Marti JI, Alabart JL, Roche A, Fantova E, Bodin L, Mulsant P, Serrano M, Folch J, Calvo JH (2008). A deletion in the bone morphogenetic protein 15 gene causes sterility and increased prolificacy in Rasa Aragonesa sheep. Animal Genetics 39: 294-297.

Perez-Almero J, Valls Ortiz M (1977). El control de producciones del Servicio de Mejora Ovina de la Excma. Diputacion Provincial de Zaragoza. Objetivos, metodología y primeros resultados. Diputacion Provincial de Zaragoza, 146 pp.

Piper LR, Bindon BM (1982). Genetic segregation for fecundity in booroola merino sheep. Proceedings of the First World Congress On Sheep And Beef Cattle Breeding. Noviembre 1980. Palmerston North. Nueva Zelanda. pp. 395-400.

(Aceptado para publicación el 28 de mayo de 2015)

Estudio de la rentabilidad del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum*) en invernadero con el uso de sombreo

J. López-Marín[1,*], I. Porras[2], C. Ros[3] y J.M. Brotons-Martínez[4]

[1] Departamento de Hortofruticultura, Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA), Estación Sericícola, Calle Mayor s/n. 30150, La Alberca, Murcia
[2] Departamento de Citricultura y Calidad Alimentaria, Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA), Estación Sericícola, Calle Mayor s/n. 30150, La Alberca, Murcia
[3] Departamento de Biotecnología y Producción de Cultivos, Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA), Estación Sericícola, Calle Mayor s/n. 30150, La Alberca, Murcia
[4] Departamento de Estudios Económicos y Financieros. Universidad Miguel Hernández, Avda. de la Universidad, s/n, 03292, Elche, Alicante

Resumen

Las altas temperaturas en los invernaderos durante el verano producen una reducción en el cuajado de los frutos de pimiento (*Capsicum annuum*) y como consecuencia un descenso del rendimiento y de la calidad de las producciones. Otro de los efectos que producen estas altas temperaturas son desordenes fisiológicos, como es el caso del soleado (*sunburn*). Para estudiar dichos efectos, se ha analizado el comportamiento productivo de un cultivo de pimientos realizado en tres invernaderos: uno sin ningún tipo de sombreo, otro con un encalado y el tercero con el uso protector de una pantalla térmica. Para ello, se controló la producción quincenalmente en los tres sistemas de cultivo y se valoró económicamente en función de los precios medios de mercado del periodo 2005 a 2013. La mayor rentabilidad se alcanzó con el uso de la pantalla térmica. Por su parte, el estudio de los rendimientos semanales muestran que el rendimiento va decreciendo en las últimas semanas y que en el caso de la pantalla de sombreo el cultivo se puede alargar 3 semanas más, hasta la primera quincena de septiembre.

Palabras clave: Cultivo protegido, VAN, pantallas, rendimiento.

Abstract
Study of the performance of sweet pepper (*Capsicum annuum*) crop in greenhouses with the use of shading

High temperatures in the greenhouse during the summer produce a reduction in fruit set of sweet pepper (*Capsicum annuum*) and consequently a decrease in performance and the quality of the productions. The high temperatures produce physiological disorders, such as sunny (*sunburn*). To study these effects, were analyzed the growth performance of growing peppers in three greenhouses; namely without shade, whitewashed and with screen shading. The production was monitored every 15 days in three cropping systems and economically evaluated according to the average market prices for the period 2005 to 2013. The greatest economic performance was achieved with the use of the screen shading. Mean-

* Autor para correspondencia: josefa.lopez38@carm.es
http://dx.doi.org/10.12706/itea.2016.004

while, the study of weekly returns show that the performance is decreasing in recent weeks and if the screen shading the crop can be extended for 3 more weeks, until the second week of September.

Key words: Crop protection, VAN, screen, performance.

Introducción

A nivel mundial, el pimiento, junto con el tomate, es el cultivo que más superficie ocupa dentro de las especies que se realizan en cultivo protegido. El cultivo de pimiento se realiza casi en su totalidad en superficie protegida bajo invernadero destinándose su producción al consumo en fresco.

El primer país productor de pimiento en el mundo es China con 16.000.000 toneladas, España se encuentra en el sexto lugar con 1.023.700 toneladas, de las cuales se exportan 511.340 toneladas, siendo la segunda a nivel de exportación tras Holanda (FAOSTAT, 2014).

El cultivo del pimiento en invernadero en España se localiza mayoritariamente en el Levante y Sureste peninsular. Las provincias con mayor superficie en 2010-2011 fueron Almería (7.300 ha), Murcia (1.450 ha), Málaga (580 ha), Granada (300 ha), Alicante (250 ha), A Coruña (200 ha), etc., estando registrado el cultivo protegido de pimiento en las estadísticas de 12 comunidades autónomas. La provincia de Almería es la mayor productora de pimiento para exportación y centra su producción principalmente durante los meses de otoño-invierno es decir de septiembre a marzo. En la Región de Murcia se inicia el periodo de comercialización de la producción a partir de marzo. En abril, comienza la comercialización del pimiento holandés, tradicionalmente con elevadas calidades, y que comparte periodo y mercado con España (Fernández-Zamudio *et al*., 2006).

El pimiento en esta zona murciana forma parte de una horticultura intensiva muy tecnificada, moderna y competitiva, con alta proyección a la exportación a Europa. Las exportaciones desde la región de Murcia se destinan principalmente a Alemania, Francia y Austria.

Actualmente la producción y comercialización del pimiento se encuentran muy condicionadas en los aspectos económicos, medioambientales, de la calidad y seguridad alimentaria, y ello se puede recoger en la problemática siguiente:

- Unos costes de producción elevados, debidos en gran parte a la inevitable necesidad de mano de obra.
- Los mercados se encuentran muy abastecidos, con riesgo de saturación y descenso de los precios.
- En la comercialización, sigue la concentración, y por tanto el dominio de la gran distribución.
- La Política Agraria Comunitaria, muy orientada en favor del medio ambiente y la biodiversidad, ante la degradación de los sistemas agrarios y la contaminación. A esto se le añade el aumento de la sensibilización por parte de los consumidores de la sanidad de los cultivos.

Tal y como se observa en la Tabla 1, en España se ha experimentado una ligera reducción de la superficie cultivada a lo largo de los años, lo que se ha reflejado en una pequeña caída de la producción, habiéndose sostenido los precios, lo que no ha sido óbice para que los rendimientos hayan seguido aumentando, gracias al mejor y mayor uso de las nuevas tecnologías, lo que así muestran las series históricas de las recientes estadísticas anuales (MAGRAMA, 2014).

Si tomamos como referencia la evolución de las exportaciones entre los años 1990 y 2012 (MAGRAMA, 2014) se puede comprobar un acusado crecimiento entre los años 1990 y 2003, en las que se triplicaron las exportaciones (datos no presentados), produciéndose una cierta estabilización en los años posteriores. Lo que se aprecia es una disminución del precio medio recibido por el agricultor que ha ido cayendo desde el año 2008 anualmente, alcanzando el máximo en 2004 con 86,36 €/100 kg, siendo el precio en el año 2012 de 61,17 €/100 kg (Tabla 1).

Tabla 1. Evolución de la superficie de pimiento, rendimientos, producción, precio medio percibido por los agricultores y valores de la producción
Table 1. Evolution of the surface, yield, production, average price received by farmers and production value of sweet pepper crop

Año	Superficie (miles ha)	Rendimiento (qm/ha)	Producción (miles t)	Precio medio (€/100kg)	Valor (miles €)	Exportación (miles t)
2002	23,0	460	1.056,8	60,39	638.180	432,5
2003	22,4	472	1.056,2	78,23	826.251	429,3
2004	22,7	473	1.075,5	86,36	928.810	395,4
2005	23,7	448	1.060,4	67,86	719.562	429,3
2006	23,7	484	1.147,8	69,11	793.227	477,8
2007	21,8	485	1.057,5	85,24	901.441	679,8
2008	18,7	491	918,1	84,76	778.215	435,2
2009	18,9	491	929,3	69,99	650.429	465,2
2010	18,0	486	873,0	83,80	731.583	446,3
2011	17,6	522	918,5	66,14	607.528	511,3
2012	17,4	556	970,3	61,17	593.530	560,2

Fuente: MAGRAMA, 2014.

Aunque España ha competido favorablemente con otros países europeos, actualmente otros países del área mediterránea están presionando los mercados de la Unión Europea.

El análisis de precios, con series de larga duración, es fundamental para basar la decisión empresarial sobre adopción de tecnología a partir de una información más amplia y no en función de una coyuntura, o corto periodo, favorable o desfavorable en la retribución de los productos.

El análisis que presentamos se ha desarrollado con el fin de determinar la evolución de la situación económica del pimiento a través del comportamiento de los precios percibidos por el agricultor durante la campaña, e identificación de las técnicas y los elementos del invernadero más relacionados con los precios de los productos.

Precios más competitivos de otros países, como Marruecos y Turquía, están originando que el cultivo del pimiento en el sureste es-

pañol no sea tan rentable como hasta hace unos pocos años. Mano de obra más barata, condiciones laborales precarias, autorización por parte de la Comunidad Europea del uso de ciertos plaguicidas en los países terceros, que tiene prohibido su uso en ella, etc., están desequilibrando poco a poco la balanza en favor de dichos países emergentes. Todo esto hace que el precio final del producto sea incluso menor a los costes de producción del sureste español.

Es por ello muy importante reducir los insumos y conseguir productos de calidad, que aumenten los rendimientos de los cultivos. Cabe destacar la elección del tipo de invernadero, y su tecnificación. En el Sureste Español, concretamente en el Campo de Cartagena y Sur de Alicante, el orden de prioridad por tipos de invernaderos que se construyen, en primer lugar correspondería a los de cubierta plana simétrica, seguidos de los "multicapilla" (batería de capillas clásicas), para terminar en los tipo "multitúneles" (batería de túneles de techumbre curvada) (López-Marín *et al*., 2013a). En estos tipos de invernaderos se cultiva pimiento, cuyo ciclo de cultivo se desarrolla desde diciembre hasta finales de julio o principios de agosto, y la producción se centra desde finales de marzo hasta mitad de agosto mayoritariamente. Es en estos meses de producción cuando la radiación es máxima produciendo desórdenes fisiológicos (soleado, manchado y *blosson end rot*, etc.) en planta y frutos (López-Marín *et al*., 2013b). Para evitar estos desordenes fisiológicos y aumentar la calidad del futo, se utilizan distintos sistemas de sombreo: pantallas térmicas, mallas de sombreo y aplicación de productos (aditivos) en la cubierta (Samaniego-Cruz *et al*., 2002; López-Marín *et al*., 2008, 2011, 2012; García *et al*., 2011).

El uso de pantallas y encalado puede reducir la entrada de la radiación durante el día, reduciendo la carga de calor en los invernaderos y ayuda a mantener la humedad alrededor de las plantas, así como reducir el estrés de estas últimas (Castilla y Montero, 2008; López-Marín *et al*., 2011). El encalado o blanqueo de la cubierta al igual que la pantalla de sombreo reflejan la radiación incidente (Soriano *et al*., 2004). El blanqueo es una práctica muy usual en el cultivo de pimiento en la zona del sureste español, donde se utiliza en un 85-90% de los invernaderos.

El aumento de la producción usando pantallas o encalado, lleva aparejado diversos costes a los que el productor habrá de hacer frente. En el caso de las "pantallas" habrá de afrontar una cuantiosa instalación, y unos costes de energía anuales, aunque su vida útil es bastante elevada (15 años).

Por su parte el encalado, de coste muy inferior, habrá de realizarse anualmente. La duración del mismo depende de las características de la solución empleada (aditivos) y de la lluvia, que puede lavarlos (Castilla, 2005). Dado el régimen de lluvias para el área objeto de estudio, se ha considerado que cada tres años, habrá que hacer frente a un encalado adicional cuyo coste, el año en que se produce, es similar al encalado anual que se realiza a principio de campaña.

El objetivo de este trabajo es por una parte calcular la rentabilidad anual de cada uno de los sistemas de sombreo y por otra determinar la rentabilidad de cada una de las recolecciones en el periodo estudiado para poder fijar hasta cuando se deben mantener para optimizar el beneficio de la explotación.

Material y métodos

Los ensayos se han llevado a cabo en la finca experimental Torreblanca, del IMIDA, geográficamente situada a 37º45′ de longitud norte y 0º59′ de latitud oeste, en la comarca del Campo de Cartagena, distante a unos 4 km del litoral del Mar Menor. Las plantas de pimiento tipo lamuyo utilizado han sido de

la variedad 'Herminio' (Syngenta Seeds, EE. UU.). Se realizaron dos años de ensayos con los distintos sistemas de sombreo; en el primero se trasplantaron las plantas el 5 de enero de 2011 y en el segundo el 3 de enero de 2012. La densidad de plantación fue de 100 cm entre líneas y 40 cm entre plantas, (25.000 plantas/ha). El cultivo fue llevado a cabo siguiendo las prácticas culturales comúnmente utilizadas para este tipo de pimiento. El primer año de ensayo finalizó el 12 de septiembre de 2011, y el segundo año el 20 de septiembre de 2012, y el número de recolecciones fue de 9 y 8 respectivamente.

Los experimentos se llevaron a cabo en 3 invernaderos independientes, no calefactados cubierto por polietileno de 200 micras. El invernadero 1 estaba cubierto por una pantalla térmica (Aluminet®), 40% de sombreo; el invernadero 2 estaba encalado y el invernadero 3 no tenía ningún sistema de sombreo. La pantalla térmica se puso en funcionamiento desplegándose, el primer año el 13 de mayo de 2011, y en el segundo año el 27 de abril, y se mantuvieron hasta el final del cultivo. El encalado se realizó el mismo día que el despliegue de pantallas.

Los pimientos se recolectaron en su punto óptimo de recolección en color verde, siendo pesados y clasificados en comerciales y no comerciales (soleados, podredumbre de tejido, etc.); los comerciales según la clasificación europea se clasifican en función de tamaño y peso en calibres GG, G y M (Tabla 2). Los no comerciales fueron descartados ya que no producían ningún beneficio para el agricultor.

Para la valoración de los tres sistemas de sombreo se utilizó el valor actualizado neto (VAN) teniendo en cuenta los costes medios de producción estimados y los precios medios del mercado para cada uno de los calibres. La información sobre costes medios se ha obtenido a partir de las encuestas realizadas a los agricultores de la zona. Por su parte, los precios medios del mercado se han obtenido a partir de la información facilitada por las alhóndigas de la zona y la información contenida en la página web de la Consejería de Agricultura de la Región de Murcia (CARM, 2014).

Tabla 2. Distribución de calibres comerciales del pimiento
Table 2. Distribution of commercial calibers of sweet pepper

Calibre	Tamaño (mm)	Peso (g)
GG	80-110	170-250
G	70-90	135-170
M	60-80	95-135

Nota: GG: más grande G: grande, M: mediano.

Por otra parte, y a fin de obtener una mejor comprensión de los costes se ha obtenido el rendimiento anualizado. Aunque se suponen que los cobros son anuales y constantes, existen muchos pagos que son plurianuales, como el montaje del invernadero (que se realiza en el momento inicial), los derivados del cambio del plástico (cada tres años), o la instalación del goteo (cada 8 años). Por ello a partir del VAN anterior se obtiene el rendimiento neto anualizado (NY):

$$NY = \frac{VAN \cdot i}{1-(1+i)^{-R}} \quad [0]$$

donde VAN es el valor actualizado neto, i es la tasa de descuento y R es la vida útil del invernadero.

Estos cálculos (VAN, NY) se repitieron para todos los precios de la serie histórica y se obtuvo para cada una de las tres modalidades de sombreo su desviación típica.

La tasa de descuento aplicable es el tipo de interés libre de riesgo más β veces una prima de descuento, que es la diferencia entre el rendimiento del Mercado y la tasa libre de riesgo i_{free}.

$$i = i_{free} + \beta\left(E(Rm) - i_{free}\right) \quad [0]$$

donde i_{free} es la tasa libre de riesgo, E(Rm) el rendimiento de mercado, y β es un parámetro del mercado. Para la tasa libre de riesgo, se ha utilizado el 2,83%, rentabilidad del Bono del Estado español a 10 años a fecha 29 de mayo de 2014 (Banco de España, 2014).

Para obtener la tasa de descuento, debe añadirse una prima de riesgo a este valor. La literatura este respecto es bastante abundante, y queremos destacar a Fernández *et al*. (2011) que entrevistó a directivos, analistas y profesores universitarios, y obtuvo un intervalo bastante amplio. La mediana para profesores y directivos fue del 5,5%, mientras que para analistas fue del 5,0%. Por su parte, diversos estudios como los de Dimson *et al*. (2007), Shiller (2000), Wilson y Jones (2002), Damodaran (2002), Brotons y Terceño (2010), Siegel (2005) y Fernández (2009) estiman una prima de riesgo entre el 4,2 y el 8,5%.

La tasa libre de riesgo es del 2,83%, mientras que la prima de riesgo, obtenida a partir de la bibliografía citada, toma el valor medio, 6,35%. Por su parte, la β del sector alimentación y bebidas de la Bolsa de Madrid (2013) es 0,3951. De esta forma, la tasa de descuento aplicable es del 5,34%.

Por su parte, para determinar la duración óptima del periodo de recolección se procedió a estimar los ingresos y costes de cada recolección. Los ingresos se estimaron a partir de los kilos recolectados multiplicados por su precio de mercado. En cuanto a los costes, se clasificaron en fijos y variables, atendiendo a su naturaleza una vez que se inicia el periodo de recolección. De esta forma, un coste que en principio es variable como el gasto en semillas (depende del tamaño de la plantación) se convierte en fijo, ya que en ese momento ya no se puede modificar variando el periodo de recolección.

A fin de analizar si las medias de los rendimientos obtenidos se podían considerar positivas en función de los precios de los distintos años, se utilizó el test de Student con un nivel de significación del 5%.

Resultados y discusión

Dado que uno de los objetivos del presente artículo es el cálculo de los márgenes de cada recolección a fin de determinar el momento de la última recolección, se estudiaron primero los ingresos por hectárea de la explotación, a continuación, los costes y por comparación entre ambos, se obtendrán los rendimientos.

Ingresos

Tanto los ingresos anuales como los de cada recolección se obtienen multiplicando los precios de mercado por la producción obtenida. La Figura 1 muestra la evolución de los precios por calibres durante las distintas semanas del año y sus correspondientes desviaciones típicas.

Como puede comprobarse en la Figura 1, existe una gran dispersión anual de precios percibidos por el agricultor. Se suceden años en los que todas las semanas presentan precios elevados con semanas en las que los precios son bastante bajos. En las semanas 18 y 19 los valores obtenidos son los más altos de todo el ciclo productivo, llegando en calibre GG hasta 1,1 € kg^{-1}, y siendo la media de los calibres GG, G y M de unos 0,70 € kg^{-1}. El precio medio va bajando hasta la semana 23 que llega a los 0,50 € kg^{-1} y desde la semana 24 hasta la 32 el precio medio se encuentra entre 0,50 y 0,40 € kg^{-1}. Las primeras semanas se obtienen mayores rendimientos, debido a que hay mayor demanda en el mercado, el precio se mantiene en la semanas 24 a la 32, sin embargo a partir de la 33 los precios bajan, al disminuir la calidad en la producción y obtenerse pimientos de otras zonas con mejor calidad.

El análisis de los ingresos lo obtenemos a partir del producto de los precios semanales obtenidos (Figura 1) por la producción semanal real (Figura 2). Dicho producto nos reflejará los ingresos semanales del agricultor (Figura 5).

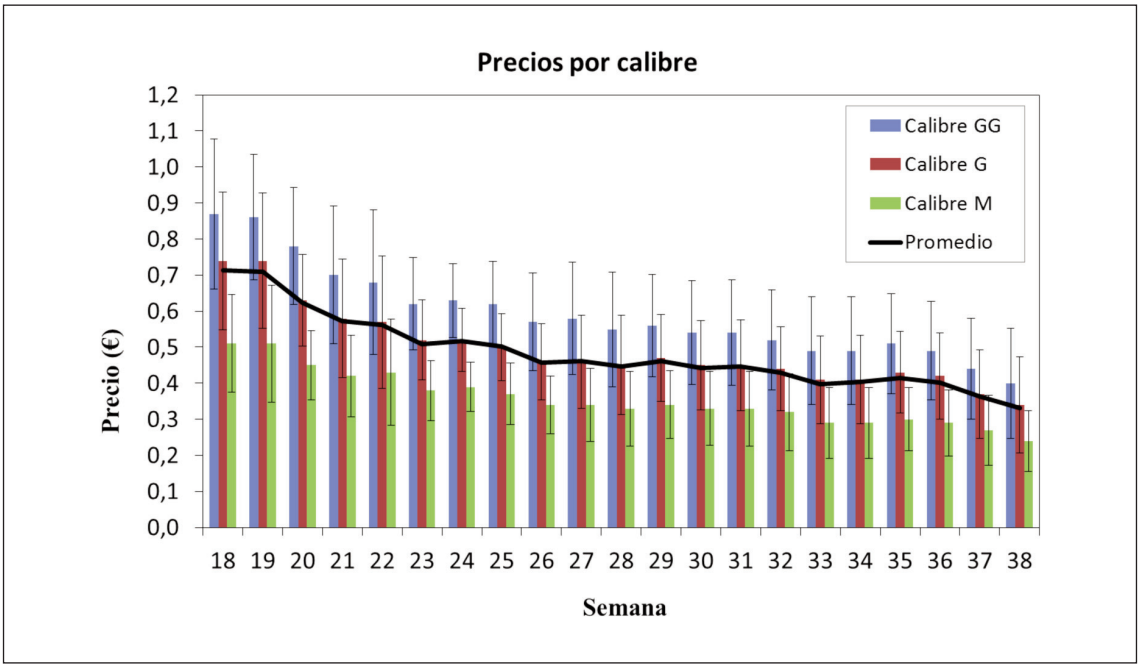


Figura 1. Evolución de los precios del pimiento según el calibre y el precio (medio ± desviación estándar) durante las semanas 18 a 38 para las campañas 2005-2013 (elaboración propia a partir de datos CARM, 2014). Calibres GG, G y M indican respectivamente más grande, grande, y mediano.
Figure 1. Price trends of sweet pepper according to calibre and average prices (mean ± standard deviation) from week 18 to week 38 for seasons 2005-2013 (own elaboration based on the data provided by CARM, 2014). Calibres GG, G and M indicate bigger, big and medium sized.

Por último, en la Figura 3 se muestra la producción total, comercial y no comercial promedio de las dos campañas objeto de estudio así como su desviación estándar. Se observan claras diferencias en la producción comercial entre los diferentes tratamientos siendo el más productivo el tratamiento con pantalla de sombreo. Sin embargo, en la producción no comercial la tendencia esta invertida, siendo el sin sombreo el que más producción comercial tiene, aunque no se observan diferencias significativas entre los tres tratamientos.

Costes de producción

Los costes de producción se pueden clasificar en costes anuales, y costes de proyección plurianual entre los que se incluyen los costes de montaje e instalación, los del plástico de vestir y los derivados de renovación de la instalación de riego.

Costes instalación y otros plurianuales

En este apartado se incluyen los costes por hectárea de estructura (76.959 €), entutorado (1.963 €), policarbonato (1.413 €) y montaje (23.559 €) todos ellos con una vida útil de 30 años. También se consideran otros gastos como los de instalación y renovación de la instalación del riego por goteo (cabezal y manga portagotero integrado autocompensante, entre otros) con 4.500 €, al que se le ha asignado una vida útil de 10 años. Por último, para el plástico

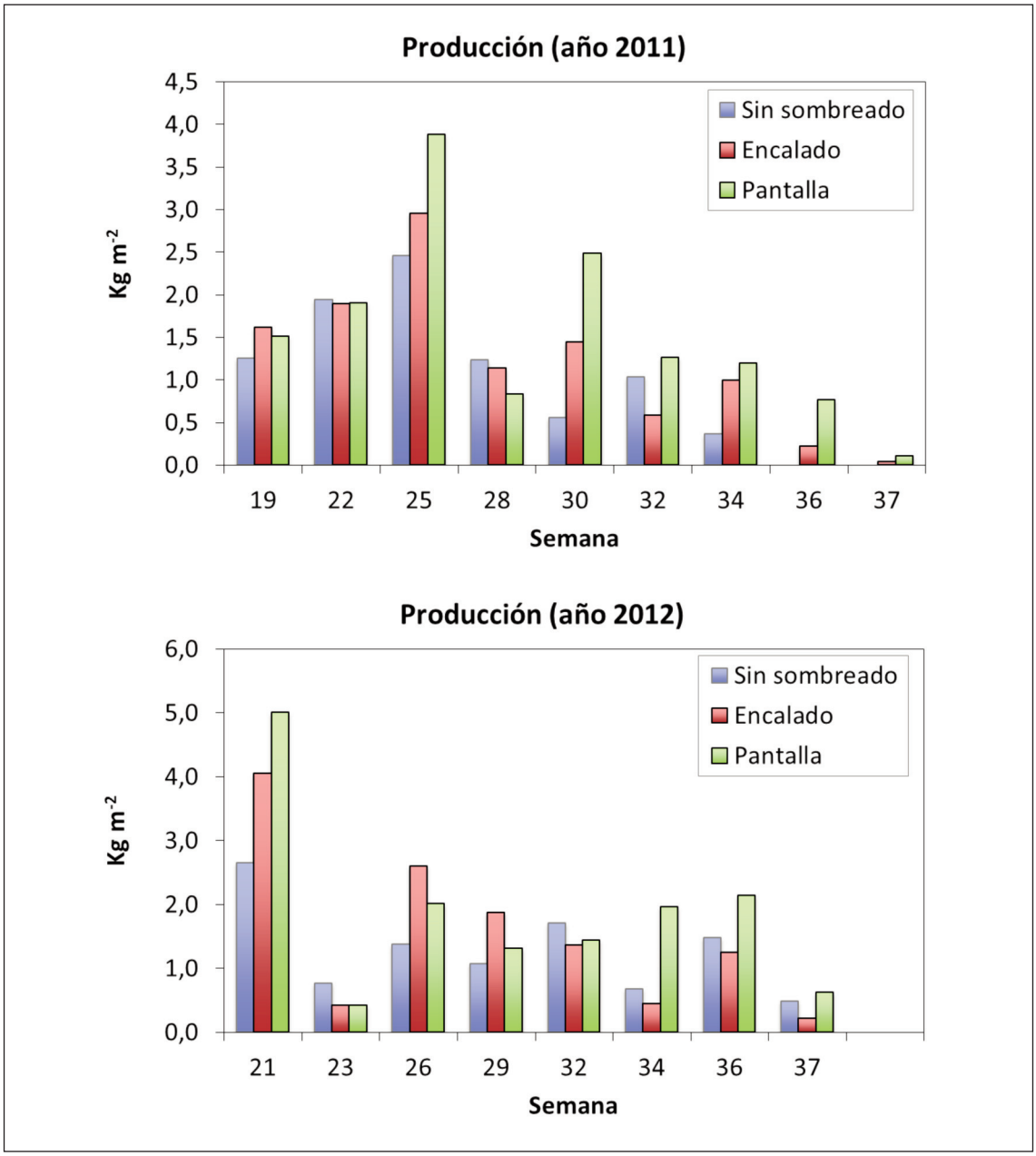


Figura 2. Evolución de la producción semanal de pimiento en invernadero sin ningún tipo de sombreo, con encalado y con pantalla térmica en las campañas 2011 y 2012.
Figure 2. Changes in weekly production of sweet pepper in greenhouses without shade, whitewashed and with screen shading for seasons 2011 and 2012.

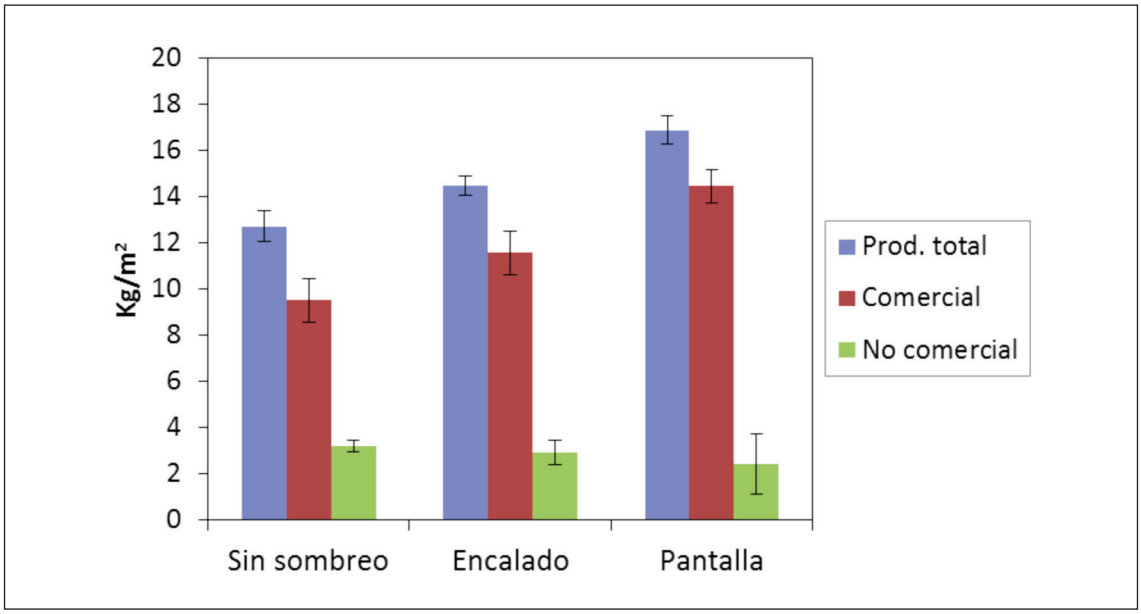


Figura 3. Producción total, comercial y no comercial (media ± desviación estándar) de pimiento en invernadero bajo ningún tipo de sombreo, con encalado y con pantalla térmica.
Figure 3. Total, commercial and unmarketable economic production (mean ± standard deviation) of sweet pepper in greenhouses without shade, whitewashed and with screen shading.

de vestir se ha considerado una sustitución cada 3 años y un costo de 7.500 €.

Por otra parte, el incremento de costes anuales por optar por la opción del encalado se incrementa en 260 € ha^{-1}. Además, y teniendo en cuenta el régimen de lluvias se estima que cada tres años de media habrá que realizar un encalado adicional, siendo su coste similar al del encalado anual.

Por último, los costes de instalación de las pantallas ascienden a 50.000 € ha^{-1} que se dividen en mano de obra (1,5 € m^{-2}) y materiales (3,5 € m^{-2}), habiéndose considerado una vida útil de 15 años.

Los costes de producción totales por hectárea (53.316 €) se clasifican en fijos (9.210 € 17,27%) y variables (44.106 €, 82,73%). Dentro de estos últimos los materiales ascienden a 20.051 (37,61%), la mano de obra a 13.145 € (24,65%) y la maquinaria propia a 1.700 € (3,19%). En los invernaderos con pantalla térmica, hay que considerar adicionalmente el coste de la energía para mover la pantalla, que asciende a 1.800 €. Los costes de abonado y riego semanales fueron desde la semana 18 a la 38: riego: 83,93 €, nitrato potásico: 23,46 €, fosfato monoamónico, 10,78 €, nitrato amónico: 26,15 € (entre semana 21 y 33, el resto nulo) y nitrato de calcio 8,35 €. Conviene tener presente que los elevados costes del agua vienen motivados por su escasez en la zona objeto de estudio.

Sin embargo, dado que uno de los objetivos del presente artículo es determinar el rendimiento de cada una de las recolecciones, la consideración de fijos y variables habrá de hacerse en función de los costes que sean evitables si el agricultor decide detener la producción. Así, una vez realizada la planta-

ción, la clasificación de un coste como variable hace referencia a los costes que el agricultor puede evitar si decide dejar de cultivar (Tabla 3).

El agricultor soportará dichos costes siempre que las expectativas de ingresos sean superiores a sus costes. Los costes variables son el producto de las unidades de reparto consumidas desde la última recolección por sus costes unitarios. Los costes variables considerados para sin sombreado y encalado han sido los de la Tabla 3 sin la energía, que se ha considerado en el supuesto de pantalla, y que implica un sobrecoste semanal de 47,37 €.

Hay que tener presente el hecho de que con el presente sistema de contabilización de los beneficios de cada recolección, aunque todas las recolecciones le resulten con beneficios, puede que estos no sean suficientes para cubrir todos los costes fijos de la explotación.

Tabla 3. Relación de costes variables, una vez iniciada la producción, con indicación del criterio de reparto, del número de unidades y el coste de cada unidad
Table 3. Variable cost relationship, once the production has started, with the expense allocation criteria, the number of units and the cost of each unit

Costes Variables	Importe (€)	Número unidades	Coste unitario
Materiales			
Agua de riego, hora	1.722	90,8	18,96
Plaguicidas, semana	2.640	38,0	69,47
Insectos auxiliares, semana	2.750	38,0	72,37
Nitrato potásico, aplicación	522	89,0	5,87
Fosfato monoamónico, aplicación	283	105,0	2,70
Nitrato amónico, aplicación	33	89,0	0,37
Sulfato de magnesio, aplicación	340	26,0	13,08
Nitrato de calcio, aplicación	142	34,0	4,18
Mano de obra			
Riegos, hora	540	90,8	5,95
Aplicación fitosanitarios, semana	1.230	38,0	32,37
Labores varias, semana	1.330	38,0	35,00
Entutorar, semana	2.120	38,0	55,79
Mantenimiento y reparaciones, semana	1.200	38,0	31,58
Recolección (prod > 2 kg m^{-2}), kg			0,06
Recolección (prod ≤ 2 kg m^{-2}), kg			0,08
Energía, semana	1.800	38,0	47,37

Rendimiento

En primer lugar, se ha obtenido el VAN y el valor anualizado de la producción en función de los costes y de los precios de mercado, repitiendo el proceso para los precios de los distintos años para los que se tiene información. En la Figura 4 se muestra el rendimiento medio, los costes de producción y la desviación típica de los ingresos en función de los precios de mercado para el periodo analizado. Como puede comprobarse, la producción de pimientos sin sombreado es deficitaria la mayor parte de los años. Los ingresos medios son inferiores a los costes, y sólo en contadas ocasiones, cuando los precios de mercado son muy elevados resultan rentables. En particular, el estadístico t de Student toma el valor -2.11 ($< t_{8, 0,05} = -1,86$), por lo que se puede afirmar que el rendimiento es negativo, para un nivel de significación del 5%. En encalado y pantalla el estadístico t toma valores superiores a -1,86 (0,173 en encalado y 0,995 en pantalla) por lo que se concluye que para un nivel de significación del 5%, el rendimiento es positivo.

Determinado el rendimiento anual, se estima el rendimiento de cada recolección, ya que la demanda de productos hortícolas como el pimiento, abarca todo el año y es necesario producir en ciclos continuos y conocer la rentabilidad del cultivo a lo largo de todo el ciclo. Para producir pimiento de calidad duran-

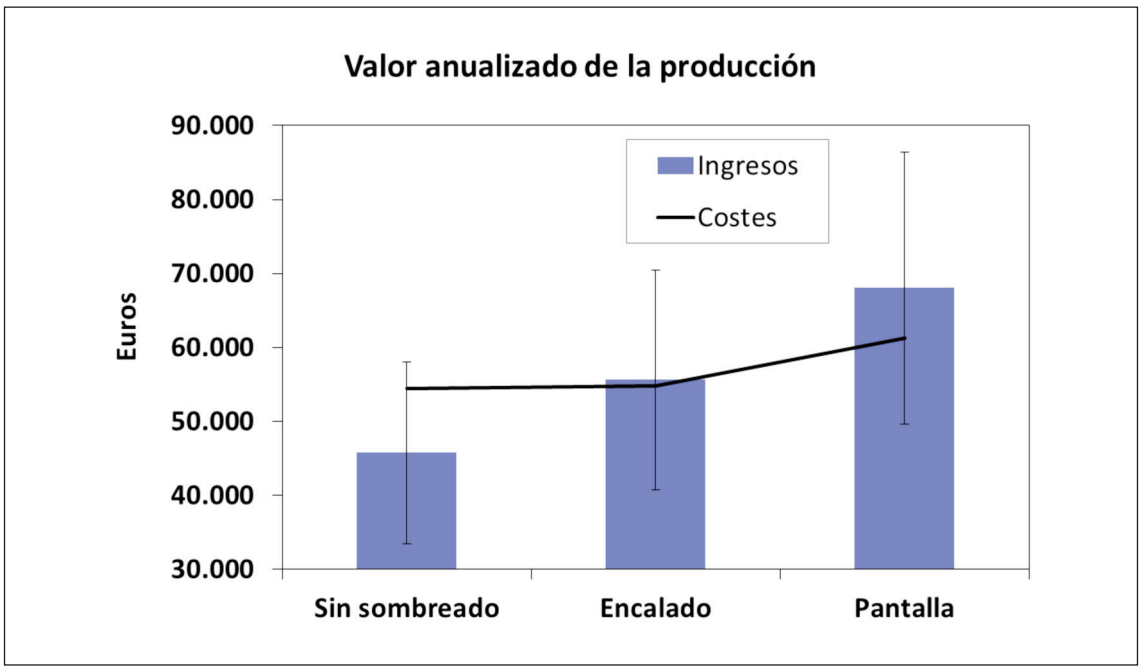


Figura 4. Valor anualizado de los ingresos (media ± desviación estándar) y de los costes del pimiento. Valores medios obtenidos a partir de los datos de producción de las campañas 2011 y 2012 y de los precios de las campañas 2005-13.

Figure 4. Annual production values of the revenues (mean ± standard deviation) and costs of sweet pepper. Values obtained from average production of seasons 2011 and 2012 and from prices of seasons 2005-13.

te el ciclo de cultivo conviene modificar las condiciones naturales en las distintas zonas productoras (Fernández-Zamudio *et al*., 2006). Es fundamental encontrar el nivel climático más adecuado para llegar al óptimo biológico de cada cultivo (Fernández *et al.* 2001a,b). Es por ello que en este trabajo se haya estudiado los sistemas de sombreo en condiciones de estrés y se valora su rentabilidad a lo largo de todo el ciclo semanalmente, para conseguir el mayor beneficio.

Dado que se dispone de la producción de dos años de estudio, en la Figura 4 se muestran los rendimientos de los años 2012 y 2013. Se indica, además, la desviación típica de los ingresos hipotéticos en los que se incurriría debido a la oscilación anual de precios de referencia (años 2005 a 2013). Como puede comprobarse, esta plantación es rentable hasta aproximadamente la semana 36, esto es, hasta mediados de septiembre.

El tratamiento sin sombreo, tiene una producción mayor de pimientos no comerciales (datos no presentados) debido a los frutos soleados. Se ha demostrado en otros trabajos sobre manzana (Glenn *et al*., 2002; Schrader *et al*., 2003) y en pimiento (López-Marín *et al*., 2012, 2013a,b), que este desorden fisiológico es causado por la alta radiación y las altas temperaturas.

El encalado aumenta la producción al principio de la campaña (Figura 5), pero al final, la recolección es menor, resultando que la última semana de cada campaña (semana 37), los gastos son mayores que los ingresos, para un nivel de significación del 5% de acuerdo con el test de Student. Sin embargo en la pantalla térmica se producen mayores ingresos al principio (Figura 5), y hasta la semana 36 los valores son positivos en los dos años de estudio, pero debido a los mayores costes de energía, hace que el rendimiento al final decrezca bastante, llegando a ser negativo en el primer año en la semana 37, para un nivel de significación del 5%.

En resumen,

1. En el invernadero sin sombreo hay muchas quemaduras en los frutos y la producción es baja, lo que no hace rentable el cultivo. El rendimiento anualizado medio por hectárea es de -8.647 €.
2. El uso de encalado permite obtener un rendimiento positivo medio de 861 €.
3. Con el uso de pantallas de aluminio, que reducen las temperaturas en el interior del invernadero, hace muy rentable el cultivo, aunque implica una considerable inversión, que no está al alcance de muchos agricultores. En concreto, mayores ingresos medios (68.044 €), y mayores costes anualizados de 61.943 € permiten obtener un rendimiento anualizado de 18.394 €.
4. Aunque en las dos campañas estudiadas, el rendimiento a partir de la semana 27 (principio de julio) es escaso, el valor de la producción es superior a los costes adicionales en los que ha de incurrir el agricultor.
5. En el caso de cultivo con pantalla de sombreo el cultivo se podría continuar hasta la semana 36 (primera quincena de septiembre), en el encalado habría que detener la recolección a finales de agosto.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado a través del PO07-041 y PO07-04 del Programa Operativo de fondos FEDER (80%) de la Región de Murcia.

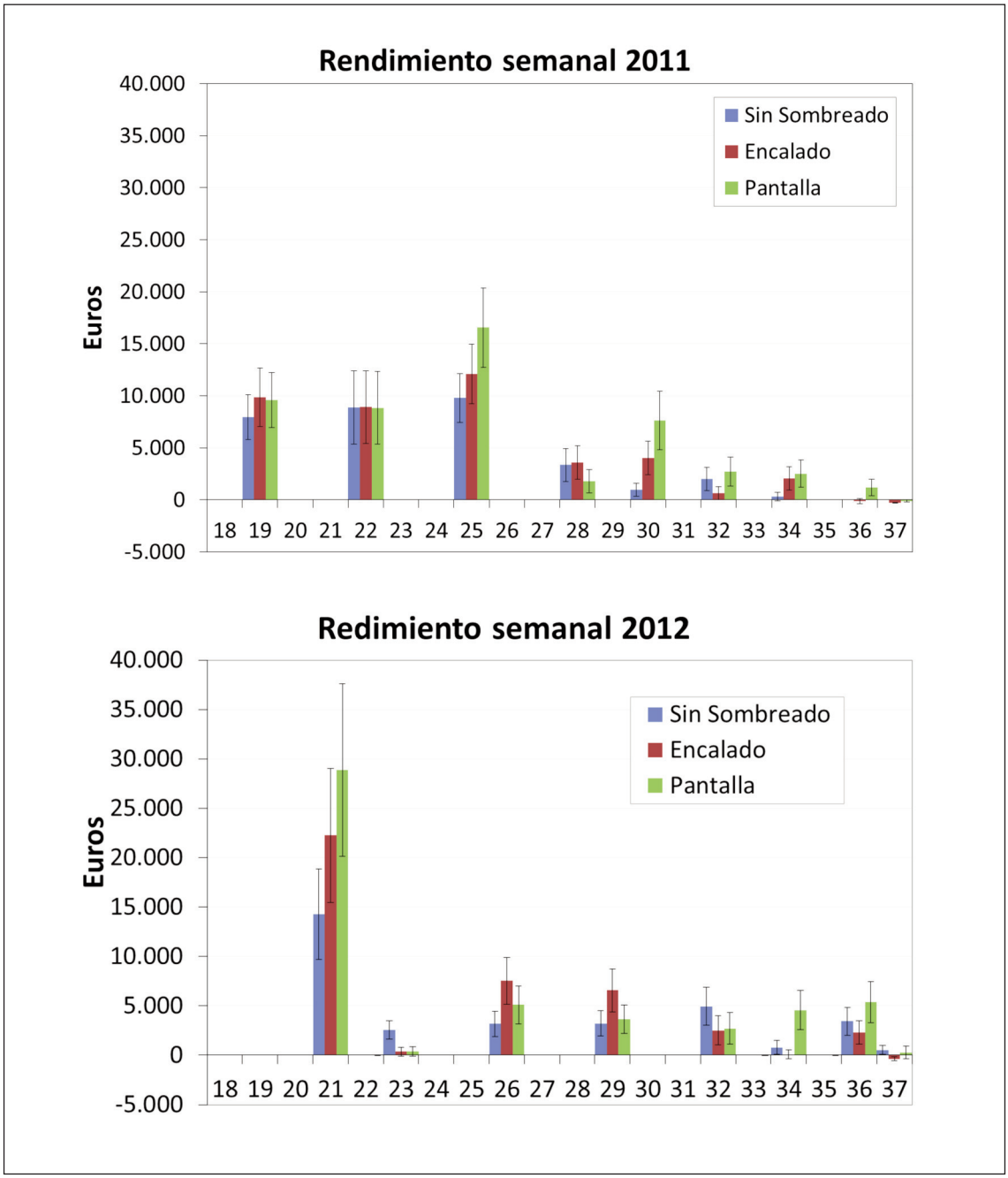


Figura 5. Rendimiento económico semanal (media ± desviación estándar) de pimiento en invernadero sin sombreado, encalado y pantalla en los años 2011 y 2012.
Figure 5. Weekly economic yield (mean ± standard deviation) of sweet pepper in greenhouses without shade, whitewashed and with screen shading for seasons 2011 and 2012.

Bibliografía

Banco de España (2014). Boletín del Mercado de Deuda Pública, año 26, número 6544 de 29 de mayo de 2014. http://www.bde.es/webbde/es/secciones/informes/banota/b140529.pdf (15 julio 2014).

Bolsa de Madrid (2013). http://www.bolsamadrid.es/docs/Sbolsas/InformesSB/Mensual.pdf

Brotons JM, Terceño A (2010). Risk premium in the Spanish Market: an empirical study. Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research 1(44): 81-99.

Castilla N (2005). Invernaderos de Plástico. Tecnología y manejo. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 462 pp.

Castilla N, Montero JI (2008). Environmental control and crop production in Mediterranean greenhouses. Invited lecture. Acta Horticulturae. 797: 25-36.

CARM (2014). Consejería de Agricultura de la Región de Murcia. https://caamext.carm.es/esamweb/faces/vista/seleccionPrecios.jsp (24 julio 2014.

Damodaran A (2002). Investment Valuation. 2ª ed., John Wiley & Sons.992 pp.

Dimson E, Marsh P, Staunton M (2007). The Worldwide Equity Premium: A Smaller Puzzle. En: Handbook of investments: Equity risk premium (Ed. R Mehra). Elsevier. 467-514.

FAOSTAT (2014). Estadística. http://faostat.fao.org/site/342/default.aspx. (10 junio 2014).

Fernández JA, Martínez PF, Castilla N (2001a). Trends in greenhouse technology for improved climate control in mild winter climates. Acta Horticulturae 559: 161-167.

Fernández JA, Martínez PF, Castilla N (2001b) Modelling for present production problems in greenhouse horticulture in mild winter climates. Acta Horticulturae 559: 431-440.

Fernández P (2009). La prima de riesgo del mercado según 100 libros. IESE Business School–Navarra University. http://www.iese.edu/research/pdfs/di-0823.pdf. (10/6/2014)

Fernández-Zamudio MA, Pérez A, Caballero P (2006). Análisis económico de la tecnología de los invernaderos mediterráneos: aplicación en la producción del pimiento. Información Técnica Económica Agraria 102 (3): 260-277.

Fernández P, Aguirreamalloa J, Corres L (2011). Prima de riesgo utilizada en el mercado: encuesta 2011, Documento de investigación DI-921. Mayo 2011. IESE Business School. Universidad de Navarra. http://www.gruposca.com/userfiles/file/IESE%20prima%20de%20riesgo.pdf

García ML, Medrano E, Sánchez-Guerrero MC, Lorenzo P (2011). Climatic effects of two cooling systems in greenhouses in the Mediterranean area: External mobile shading and fog system. Biosystems Engineering 108: 133-143.

Glenn DM, Prado A, Erez A, McFerson J, Puterka GJ (2002). A reflective processed-kaolin particle film affects fruit temperature, radiation reflection and sunburn in apple. Journal of the American Society for Horticultural Science127: 188-193.

López-Marín J, González A, García-Alonso Y, Espí E, Salmerón A, Fontecha A, Real AI (2008). Use of Cool Plastic Films for Greenhouse Covering in Southern Spain. Acta Horticulturae 801: 181-186.

López-Marín J, Gálvez A, González A (2011). Effect of shade on quality of greenhouse peppers. Acta Horticulturae 893: 895-900.

López-Marín J, Gálvez A, González A, Egea-Gilabert C, Fernández JA (2012). Effect of Shade on Yield, Quality and Photosynthesis-Related Parameters of Sweet Pepper Plants. Acta Horticulturae 956:545-552.

López-Marín J, Angosto JL, y González A (2013a). El cultivo de pimientos en el Campo de Cartagena. Serie Monográfica. Tecnologías de Horticultura Mediterránea: Cultivo de pimiento. El cultivo de pimientos en el Campo de Cartagena. 59 pp.

López-Marín J, Egea-Gilabert C, González A, Pérez-Alfocea F, Fernández JA (2013b). Grafting is an efficient alternative to shading screens to alleviate thermal stress in greenhouse-grown sweet pepper. Scientia Horticulturae 149: 39-46.

MAGRAMA,(2014).Estadística. http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/superficies-producciones-anuales-cultivos/ (10 junio 2014).

Samaniego-Cruz E, Quezada-Martin MR, De La Rosa-Ibarra, M, Munguía-López J, Benavides-Mendoza A, Ibarra-Jiménez L (2002). Tomato and bell pepper seedlings production under reflecting polyethylene covers to decrease temperature in greenhouse. Agrociencia 36: 305-318.

Schrader L, Zhang J, Sun J (2003). Environmental stresses that cause sunburn of apple. Acta Horticulturae 618: 397-405.

Shiller RJ (2000). Irrational exuberance. Princeton University Press. Princeton. Nueva Jersey.

Siegel JJ (2005). Perspectives on the Equity Risk Premium. Financial Analysts Journal 61(6): 61-71.

Soriano T, Montero JI, Sánchez-Guerrero MC, Medrano E, Antón A, Hernández J, Morales MI, Castilla N (2004). A Study of Direct Solar Radiation Transmission in Asymmetrical Multi-span Greenhouses using Scale Models and Simulation Models. Journal of Biosystems Engineering 88: 243-253.

Wilson JW, Jones CP (2002). An analysis of the S&P500 Index and Cowles's Extensions: Price Indexes and Stock Returns, 1870-1999. Journal of Business 75(3): 505-533.

(Aceptado para publicación el 8 de marzo de 2015)

El valor de la certificación ISO 9001 en las Pymes españolas dedicadas a la producción agrícola: incidencia de la crisis económica

J.M. Brotons y M.E. Sansalvador*

Departamento de Estudios Económicos y Financieros. Universidad Miguel Hernández. Avda. de la universidad, s/n, 03202. Elche. Alicante

Resumen

El principal objetivo del presente trabajo es estimar el valor de los sistemas de calidad ISO 9001 implantados por las empresas agrícolas más pequeñas en España, analizando su aportación al valor final de las organizaciones tanto antes como durante la actual crisis financiera global. No obstante, de manera adicional, se proporciona a todas las empresas del sector una original herramienta para, si así lo desean, poder valorar económicamente las consecuencias de su apuesta por la calidad. A través de la comparación del valor de la empresa según tengan o no implantado el sistema de calidad es posible aproximar el valor de la certificación ISO 9001. Debido a la elevada incertidumbre y subjetividad que presentan las valoraciones realizadas se ha optado por emplear el descuento de flujos de caja en un entorno 'fuzzy'. Los resultados finales demuestran que pese a tratarse de Pymes, en la mayor parte de los casos analizados, los sistemas de calidad ISO 9001 incrementan el valor final de las empresas tanto en el 2008 como muy especialmente en el 2012, en plena crisis económica.

Palabras clave: Agricultura, ISO 9000, crisis económica, Pymes.

Abstract

The value of ISO 9001 certification in the Spanish small and medium enterprises belonging to the agriculture sector: the impact of the economic crisis

The main objective of the present work is to evaluate the ISO 9001 Quality Systems in the smaller companies within the agriculture sector in Spain. In order to arrive at the main purposes of the present work, two evaluations were conducted. The first one before the current global financial crisis, and the second one will be done in the midst of the crisis. In addition, we provide the sector companies an original tool that facilitates the economic evaluation of their commitment by the Quality Systems. By comparing the value of the business under the assumption of whether or not it has implemented the ISO 9001 quality system, an approximation of the value that ISO 9001 certification has been obtained. Given the high uncertainty and subjectivity that the business valuation presents, discounted cash flow analysis in a fuzzy environment was used. The final results show that, despite being small businesses, in most of the analyzed cases the ISO 9001 quality system increases its contribution to the final value of the company. This is the case both before the current economic crisis and in the context of the crisis.

Key words: Agriculture, ISO 9000, economic crisis, SMEs.

* Autor para correspondencia: manri@umh.es

http://dx.doi.org/10.12706/itea.2016.005

Introducción

Los cambios operados en el contexto social y económico, han convertido a la calidad en un arma competitiva para las empresas que desean sobrevivir en los actuales mercados. No obstante, la calidad no es un concepto nuevo, Juran (1951) señala que incluso en la Biblia encontramos lo que podemos denominar especificaciones de calidad. Lo que sí es relativamente reciente, es la aproximación efectuada al mismo como consecuencia del avance en las estrategias de dirección, especialmente durante los últimos cien años.

La gestión moderna de la calidad puede situarse en la denominada por James (1996) era de la inspección. Esta etapa se extiende desde sus orígenes, durante la segunda revolución industrial, hasta los años cuarenta, constituyendo durante todo ese tiempo la única estrategia de calidad conocida. La irrupción en los años cuarenta del control estadístico de la calidad en los procesos productivos se tradujo en aportaciones tan relevantes como los gráficos de control o el muestreo. No obstante, la dirección todavía no había sido capaz de entender sus responsabilidades, por lo que en ningún caso asumió el mando de la calidad, algo indispensable para consolidar cualquier política nueva que quiera introducirse en una organización. Era fundamental abandonar la perspectiva de la calidad como algo en manos de un reducido número de especialistas, lo que comienza a ocurrir, al menos en Occidente, con la irrupción en escena del denominado aseguramiento de la calidad. En efecto, la alineación de los objetivos en calidad dentro de las políticas y estrategias empresariales, no se produjo en las organizaciones occidentales hasta los años ochenta con el desarrollo del aseguramiento de la calidad, y fundamentalmente con la publicación de la primera versión de las normas ISO 9000 en 1987 (Sansalvador y Trigueros, 1999). Desde entonces, la propagación de la serie ISO 9000 ha sido asombrosa, pudiendo asegurarse hoy día que son el grupo de normas, pese a su naturaleza voluntaria, más ampliamente conocido y practicado a nivel mundial. Aunque no es un requisito indispensable, la mayoría de las organizaciones que deciden implantar un Sistema de Aseguramiento de la Calidad toman como modelo de referencia las normas ISO 9000. Según los últimos informes publicados por el Organismo Internacional de Estandarización (ISO), de los 46.571 certificados concedidos en el mundo a finales de 1993 se ha pasado en el 2013 a un total de 1.129.446 certificados ISO 9001 en 187 países distintos (ISO, 2014).

No obstante el sector agroalimentario se orienta sobre todo hacia la certificación de productos, aunque cada vez más se incluyen en estos esquemas aspectos relacionados con los sistemas productivos y sus procesos; especialmente en lo relativo a la seguridad alimentaria, donde destacan, entre otras, la certificación de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP) y la norma ISO 22000.

Diversos autores han analizado las relaciones entre la certificación ISO 9001 y la industria alimentaria desde distintos enfoques. Algunos como Ramírez (1995), Zaibet y Bredahl (1997), Schiefer (1997) o más recientemente Pun *et al*. (2007) o Djekic *et al.* (2014) han descrito distintas ventajas de la adopción de sistemas de calidad ISO 9001. Otros autores como Rohitratana y Boon-itt (2001) describen el proceso de implementación de la norma ISO 9001. Maza y Ramírez (2005) analizan las motivaciones que llevan a las organizaciones de la industria agroalimentaria española a implantar los sistemas ISO 9001. Maza *et al.* (2009) valoran el grado de cumplimiento de la norma ISO 9001 en las almazaras del sur de España.

Por otra parte, pese a los numerosos estudios publicados donde se analiza la relación entre resultado empresarial y certificación ISO 9001,

éstos lejos de avanzar en la misma dirección, obtienen resultados dispares e incluso contradictorios. La primera organización que lo investigó empíricamente fue Lloyds Register Quality Assurance (1994). Dicho estudio, realizado entre empresas del Reino Unido, concluía que la rentabilidad de las empresas certificadas era marcadamente mayor al de la media sectorial. Desde entonces son diversos los autores que han concluido los efectos económicos positivos de la apuesta por la certificación ISO 9001 (Abraham *et al*., 2000; Heras *et al*., 2000; Romano, 2000; Withers y Ebrahimpour, 2001; Naser *et al*., 2004; Bayati y Taghavi, 2007; Dick, 2009; Borut y Milena, 2010). Sin embargo otros autores no aprecian relaciones significativas entre certificación y resultados empresariales (Lima *et al*., 2000; Aarts y Vos, 2001; Singels *et al*., 2001; Martínez-Costa y Martínez-Lorente, 2003; Capistrano, 2008; Feng *et al*., 2008; Martínez-Costa *et al*., 2009; Marin y Gimeno, 2010). Como puede verse la contribución de las normas ISO 9000 al resultado empresarial sigue siendo un tema controvertido y de interés.

Según el trabajo de Maza y Ramírez (2005) las razones que llevan a las empresas de la industria agroalimentaria a apostar por los sistemas ISO 9001 son fundamentalmente cuestiones de organización interna y la presión de mercados y clientes, siendo el tamaño uno de los principales factores desalentadores para la implantación de estos sistemas. Nuestro propósito es precisamente estudiar a las empresas más pequeñas, centrándonos en aquellas que se dedican exclusivamente a la producción agrícola excluyendo cualquier elaboración posterior de los productos agrarios. De esta forma, el objetivo del presente trabajo es analizar de qué forma puede afectar al valor de estas organizaciones la implantación de sistemas ISO 9001, para lo que procederemos a estimar el valor que reporta la calidad tanto en el 2008, antes de iniciarse la actual crisis económica, como en el 2012, ya en plena crisis. Ello permitirá además, apreciar si la crisis económica global ha incidido en la aportación de la certificación ISO 9001 al valor de las pequeñas y medianas organizaciones de un sector, como el agrario, muy dependiente de factores externos en muchos casos difíciles de controlar.

Si bien, como se ha visto, el estudio de la relación entre ISO 9001 y resultado empresarial no es un tema nuevo, sí que resulta novedosa la aproximación efectuada en este trabajo, tanto por la actividad y el tamaño de las empresas analizadas (los estudios existentes suelen centrarse en el sector industrial y en grandes empresas), como por la metodología propuesta para determinar el valor de los sistemas de calidad, donde debido a la incertidumbre que envuelve a los procesos de valoración llevados a cabo, la aplicación de la matemática difusa puede resultar muy útil.

Material y métodos

Para proceder a la valoración del sistema ISO 9001, apreciar su contribución al valor final de la empresa y además poder analizar su comportamiento ante la actual crisis económica global, se someterá a las organizaciones seleccionadas a un doble proceso de valoración, por un lado a finales del año 2008 y por otra parte a finales del 2012. El 2012 además de ser el último año del que se disponen datos para todas las empresas, coincide con uno de los peores momentos de la crisis para el conjunto de la economía española según se desprende del análisis de la tasa de variación del producto interior bruto (PIB) (INE, 2014). No obstante, hay que tener presente el mejor comportamiento durante la actual crisis económica del sector agrario respecto a otros como la construcción o la industria. En este sentido, según consta en el Informe Anual 2012 del Sector Agrario en Andalucía (Analistas Económicos de Andalucía, 2013) mientras que el PIB experimentó un descenso

del 6,5% entre los años 2008 y 2012, el valor añadido bruto del sector agrario en dicha comunidad creció casi un 4%, siendo este crecimiento incluso algo superior para el conjunto del país. Por otra parte, calculando la variación de las principales macromagnitudes de la agricultura española en 2013 con respecto a la media de 2008 a 2012 también se observa que este año su evolución ha sido positiva. El valor de la producción ha aumentado un 9,0%, el valor añadido bruto un 7,0% y la renta agraria un 8,2% (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2014).

Tanto en el 2008 como en 2012, para cada compañía se llevarán a cabo a su vez dos valoraciones, la primera considerando que la empresa ha implantado el sistema de calidad y la segunda suponiendo que no lo hubiera hecho. La valoración final del sistema ISO 9001 se conseguirá sustrayendo al valor de la compañía certificada, el que hubiera obtenido de no haber procedido a la implantación de dicho sistema.

Valoración de la empresa bajo el supuesto de implantación del sistema de calidad ISO 9001

El modelo teórico utilizado para la valoración de la empresa se basa en el descuento de flujos de caja, donde de acuerdo con la teoría financiera, el valor de una empresa (V_0) puede expresarse como la corriente de los futuros flujo de cajas (CF) de la compañía descontados a la tasa de interés "i". Para la aplicación del método del descuento de flujos de caja libres se considera un periodo temporal de T años sobre el que se realizarán distintos supuestos de crecimiento según los casos y un periodo residual sobre el que se aplicará una tasa de crecimiento del flujo de caja constante para todos los supuestos (g).

$$V_0 = \sum_{t=1}^{T} \frac{CF_t}{(1+i)^t} + \frac{CF_T(1+g)}{(1+i)^T(i-g)} \qquad [1]$$

La aplicación de este método requiere de la estimación previa de los flujos de caja libres y de la tasa de descuento. Este proceso conlleva elevadas dosis de subjetividad, por lo que la utilización de números borrosos triangulares permite tratar adecuadamente tanto las previsiones de cada empresa como la información correspondiente al sector.

Numero borroso triangular

Se expresa por tres números reales (a,b,c), cuya función de pertenencia $\mu(x)$ se define por,

$$\mu(x) = \begin{cases} \dfrac{x-a}{b-a} & a \le x < b \\ \dfrac{x-b}{c-b} & b \le x < c \\ 0 & \text{En otro caso} \end{cases} \qquad [2]$$

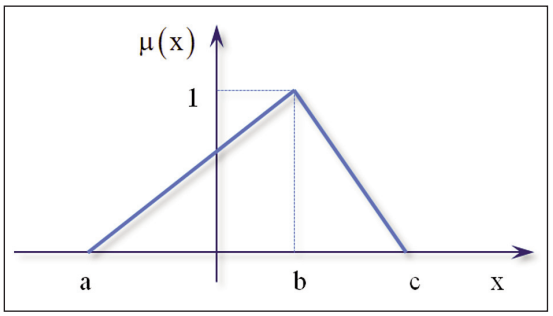


Figura 1. Número borroso triangular.
Figure 1. Triangular fuzzy number.

La utilización de la matemática difusa para el descuento de flujos de caja no es nueva. Así, Perrone y La Diega (1999) utilizan el valor actual neto en ambiente de incertidumbre y analizan la idoneidad de su aproximación mediante números borrosos triangulares. Por otra parte, Yao *et al.* (2005) amplían el modelo clásico de descuentos de flujos de caja introduciendo tasas de descuento de crecimiento y flujos de caja inciertos para valorar una em-

presa. A su vez, Tsao (2012) presenta una serie de algoritmos para evaluar inversiones de capital en un ambiente aleatorio e incierto.

Estimación de los flujos de caja libres

En primer lugar procede la estimación de la cifra de ventas neta, a partir de la cual será posible la obtención del resto de variables de acuerdo con la estructura de costes de la empresa, y en particular su flujo de caja. Para ello se han utilizado las tasas de crecimiento de los tres años inmediatamente anteriores a cada estimación, siendo importante distinguir la tasa de crecimiento en el horizonte temporal de la del periodo residual.

a) Tasas de crecimiento en el horizonte temporal. La tasa de crecimiento de las ventas es la magnitud que presenta mayores dosis de subjetividad, por lo que se ha optado por considerar tanto las tasas de crecimiento pasadas de la empresa como las del subconjunto de organizaciones del sector al que pertenece. Al considerar el rango de variación del sector, se produce una dispersión demasiado elevada, por lo que una vez ordenadas las empresas en función de la tasa de variación, como extremo inferior se observa la mediana de los valores correspondientes al primer cuartil y como extremo superior la mediana del cuarto cuartil. La tasa de crecimiento de la empresa en los tres años anteriores se adopta como valor central.

Nos encontramos ante un número borroso triangular (NBT) cuyo valor central viene dado por la tasa de crecimiento de la empresa en los últimos años, mientras que los extremos inferior y superior son los correspondientes al sector. Se trata en definitiva de considerar tres situaciones,

– Caso optimista, que considera que la empresa crecerá de forma similar a las mejores empresas del sector que han implantado sistemas de calidad.
– Caso base, en el cual la empresa se comportará de forma similar a como lo ha hecho en los últimos años.
– Caso pesimista, que considera que la empresa crecerá de forma similar a como lo hacen las peores empresas del sector que han apostado por la calidad.

A partir de estos tres casos podemos definir el NBT, tasa de crecimiento de la empresa, y caracterizarlo por su función de pertenencia de acuerdo con (2). De esta forma, ya no estamos ante tres valores puntuales, sino que hemos incluido todos los valores intermedios, por lo que la información es mucho más completa.

b) Tasas de crecimiento en el periodo residual. De acuerdo con Casanovas (2009), la tasa de crecimiento de la empresa en el largo plazo no puede ser superior a la tasa de crecimiento del PIB. Por ello, y como medida de prudencia, se ha considerado el 50% del crecimiento de dicha variable de los últimos años.

Estimación de las principales magnitudes financieras

Una vez obtenidas las tasas de crecimiento de la cifra neta de ventas, se han estimado las diferentes partidas de la cuenta de resultados, agrupadas en materiales, gastos de personal, depreciación y amortizaciones, otros gastos y resultados financieros. Todo esto ha permitido la obtención de los resultados de la empresa.

Por otra parte, en base a su comportamiento en los años inmediatamente anteriores a la valoración, se ha estimado el incremento de las necesidades de capital circulante, la inversión en capital y el incremento de las deudas necesario para asumir la variación en las ventas estimada en el apartado anterior. El flujo de caja previsto se ha obtenido a partir del resultado de la empresa adicionando las dotaciones para amortizaciones, el incremento de capital circulante y de deudas, y sustrayendo las inversiones necesarias en capital.

Estimación de las tasas de descuento

La tasa de descuento aplicable es el tipo de interés libre de riesgo más una prima de descuento. Para el primero se considerará el tipo de interés del bono español a 10 años, mientras que la prima de riesgo diversos autores como Fernández *et al*. (2011), Shiller (2000), Wilson y Jones (2002), Damodaran (2002), Siegel (2005), Dimson *et al*. (2007), entre otros, la sitúan entre el 4,2 y el 8,5%.

Valor de la empresa

Conforme a la expresión (1), el descuento de los flujos de caja estimados a la tasa de descuento considerada permite obtener el número borroso valor de la empresa, que en este caso puede aproximarse a través de un NBT. Para obtener un valor puntual o crisp, hay que realizar un proceso denominado defuzzificación.

Defuzzificación

Si partimos de un NBT A = (a, b, c), y definiendo $\beta = c - b$ y $\alpha = b - a$, el número crisp que contiene toda la información del NBT puede obtenerse a partir de la expresión,

$$A = b + \frac{\beta - \alpha}{6} \qquad [3]$$

Valoración de la empresa bajo el supuesto de no implantación del sistema de calidad ISO 9001.

La metodología es esencialmente la misma, pero bajo el supuesto de que las empresas analizadas no hubieran implantado el sistema de calidad ISO 9001. Lógicamente ello supondrá el aplicar unas tasas de crecimiento distintas en el horizonte temporal. Tomando ahora como referencia a las empresas del sector sin certificación ISO 9001, nuevamente se construirá un NBT a partir de los siguientes tres escenarios:

– Optimista. Se supone que la empresa tendrá un comportamiento similar al comportamiento más favorable de las empresas del sector que no ha implantado el sistema de calidad. A este respecto, procede ordenar las tasas de crecimiento de las ventas de los últimos tres años, considerando la mediana del primer cuartil con el fin de eliminar valores extremos, poco representativos.

– Base. Se espera que la empresa tenga un comportamiento similar al que tuvo en los años anteriores a la implantación del sistema de calidad. Por ello se toma la tasa de variación de la cifra neta de ventas en estos años. Dado que la situación económica va cambiando, para corregir este efecto, al valor anteriormente obtenido se añade la diferencia entre la mediana de las tasas de crecimiento del sector en los últimos tres años y la mediana del año inmediatamente anterior al de la implantación del sistema de calidad.

– Pesimista. El comportamiento de la empresa será similar al de las peores empresas del sector que no han implantado el sistema de calidad. Por ello, y tras ordenar las tasas de crecimiento de las empresas del sector sin sistema de calidad, se toma la mediana del cuarto cuartil.

Para el horizonte residual se considerará el mismo supuesto que para la valoración de la empresa con el sistema de calidad. Con el fin de evitar distorsiones debidas a diferencias metodológicas se aplicarán idénticos supuestos para la proyección de la cuenta de resultados. No obstante, la no implantación y certificación del sistema de calidad supone un ahorro de ciertos costes directamente relacionados con el mismo, que en consecuencia deberán detraerse de las proyecciones realizadas. En efecto, cuando Crosby (1979) dijo: "la calidad no cuesta", no se refería a que la regalaran, sino que los bene-

ficios derivados de la misma compensan el esfuerzo realizado. Por último, en lo que se refiere a la tasa de descuento se aplicará la misma que en el supuesto anterior.

Selección de la muestra de empresas

Se ha tomado como población objeto de estudio a las empresas españolas dedicadas exclusivamente a la producción agrícola (Código de actividad NACE "01.1 Cultivos no perennes", "01.2 Cultivos perennes" y "01.3 Propagación de plantas") con un importe neto de su cifra anual de negocios inferior a los 5.700.000 euros y con un sistema de calidad ISO 9001 certificado entre el año 2000 y el 2005.

Para elaborar la muestra de empresas a analizar se contactó con las principales entidades certificadoras de la calidad de nuestro país, obteniendo la total colaboración para el estudio de AENOR y SGS quienes facilitaron toda la información solicitada. Fue fundamental el contar con la participación de la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR) de cara a garantizar una muestra representativa. No en vano, como señala la Comisión Nacional de la Competencia (2010), AENOR es el único organismo nacional de normalización y con diferencia el principal organismo de certificación en el mercado español. Entre el 2000 y el 2005 AENOR acaparaba por si sólo aproximadamente el 60% del mercado de la certificación ISO 9001 en España.

En consecuencia, el marco muestral quedó definido como el conjunto de organizaciones dedicadas a la producción agrícola que cumpliendo las restricciones establecidas para la población fueron certificadas en nuestro país por AENOR y SGS conforme a la norma ISO 9001 entre el 2000 y el 2005. Tan sólo un total de nueve organizaciones cumplieron con las restricciones establecidas integrándose por lo tanto todas ellas en la muestra objeto de estudio.

Resultados y discusión

Si bien este trabajo abarca distintos años, para un mejor conocimiento de las empresas que integran la muestra, en la Tabla 1 se detallan las principales magnitudes financieras de sus cuentas de resultados disponibles en el año 2012.

La Tabla 2 refleja las tasas de crecimiento del sector utilizadas en el horizonte temporal para las valoraciones realizadas en los años 2008 y 2012 (mediana del primer y cuarto cuartil), tanto bajo el supuesto de implantación del sistema ISO 9001 como de no implantación del mismo. Estos valores se toman como extremo superior e inferior del NBT "tasa de crecimiento de la empresa". Como puede observarse, las tasas de crecimiento de las empresas del sector que no tienen implantado el sistema de calidad es inferior a las que sí que lo han implantado, especialmente las del cuarto cuartil. Además, en ambos grupos, la reducción en las tasas de crecimiento del año 2012 con respecto al 2008 es muy importante. Así mismo la Tabla 2 también informa de las tasas de crecimiento usadas en el periodo residual.

Por su parte, y como valor central del NBT, tomamos la tasa de crecimiento de la empresa en los años inmediatamente anteriores al de la valoración. En Tabla 3 se muestra las tasas de crecimiento de cada una de las empresas en los diferentes supuestos planteados. Con respecto a las tasas de crecimiento estimadas, al comparar el año 2008 con el 2012, se puede observar que la reducción ha sido mayor en las empresas que no tienen implantado el sistema de calidad ISO 9001.

Las Tablas 4 y 5 muestran según se implante o no el sistema ISO 9001 los incrementos de capital circulante, inversiones en capital e incremento de deudas consideradas para cada una de las empresas en las valoraciones realizadas en 2008 y 2012.

Tabla 1. Magnitudes financieras de las empresas para el año 2012
Table 1. Financial information in the company's' income statement for year 2012

Empresa	01	02	03	04	05	06	07	08	09
Importe neto de Cifra de Ventas	378.609	3.130.650	1.453.726	3.355.285	2.588.156	1.640.773	373.727	3.858.083	5.226.767
Materiales	308.205	1.444.783	417.379	1.218.950	1.282.815	882.972	96.790	2.083.914	2.752.747
Gastos de personal	55.420	946.092	546.844	1.389.535	740.734	371.404	144.527	871.430	1.181.613
Dotaciones amortización inmovilizado	10.515	122.389	135.002	251.270	83.534	65.468	67.075	203.624	457.416
Otros gastos	18.558	504.749	299.595	126.437	258.586	263.230	87.262	464.454	624.066
Resultado financiero	1	-29.647	6.441	-67.813	24.549	-16.224	-18.437	-81.181	-9.044
Impuesto sobre sociedades	0	20.747	2.522	76.021	63.174	11.162	-10.091	38.661	25.377
Resultado del Ejercicio	-14.088	62.242	58.826	225.259	183.863	30.313	-30.273	114.819	176.504
Flujo de caja	-3.573	184.631	193.827	476.529	267.397	95.781	36.802	318.443	633.921

Fuente: SABI (2014).

A partir de la anterior información se han estimado los flujos de cajas de las empresas objeto de estudio (ver Tablas 6 y 7). Como se puede apreciar, las empresas que han implantado el sistema de calidad ISO 9001 han mejorado sus previsiones de flujo de caja en el año 2012, en pleno apogeo de la crisis. Esta circunstancia no puede afirmarse en las empresas que no han implantado dicho sistema de calidad.

Para el descuento de los flujos de caja se ha usado el tipo de interés libre de riesgo más la prima de riesgo mencionada en el apartado anterior. Como tipo de interés libre de riesgo se ha considerado el tipo de interés del bono español a 10 años a fecha 29/12/2007. El tipo de interés usado para las valoraciones realizadas en el 2008 y en el 2012 es el mismo a fin de evitar distorsiones por este motivo. Los resultados se muestran en la Tabla 8.

En base a estos antecedentes, y conforme a la metodología propuesta se ha procedido a efectuar la valoración de las empresas en los distintos supuestos planteados. No obstante, como los valores resultantes para cada una de las empresas vienen dados por números borrosos triangulares (NBT), con el fin de recoger la información a través de estimaciones puntuales se ha procedido a aplicar la expresión (2) a cada uno de ellos. De esta forma en las Tablas 9 y 10 se recoge la valoración final de cada una de las empresas analizadas en los años 2008 y 2012, tanto bajo el supuesto de implantación del sistema de calidad como bajo la hipótesis de no implantación. Por diferencia se aproximará el valor que reporta a cada empresa el sistema de calidad ISO 9001 implantado.

La Tabla 9 muestra como en el 2008, partiendo de datos previos a la crisis, en 6 de las 9 empresas analizadas el Sistema ISO 9001 implantado incrementa el valor de las mismas, apreciándose en tres de ellas incrementos superiores al 30%. En estas tres empresas

Tabla 2. Tasas de crecimiento del sector para los años 2008 y 2012 según cuenten o no con sistemas de calidad ISO 9001 certificados y tasas de crecimiento para el periodo residual (50% del crecimiento medio del PIB)
Table 2. Estimated growth rate in 2008 and 2012 for the companies belonging to the sector with the ISO 9001 quality system (and without it). Growth rate during the residual period (50% of the nominal GDP)

	Con Sistema ISO 9001		Sin Sistema ISO 9001	
	2008	2012	2008	2012
Horizonte temporal				
Mediana 1er cuartil	17,35%	7,85%	14,07%	8,77%
Mediana 4º cuartil	1,58%	-0,20%	-7,81%	-8,61%
Periodo residual	3,11%	1,18%	3,11%	1,18%

Tabla 3. Tasas de crecimiento de cada una de las empresas en las valoraciones correspondientes al 2008 y 2012 tanto bajo el supuesto de implantación como de no implantación del sistema de calidad ISO 9001
Table 3. Estimated growth rate in 2008 and 2012 for the companies studied (with the ISO 9001 quality system and without it)

	Con Sistema ISO 9001		Sin Sistema ISO 9001	
Empresa	2008	2012	2008	2012
01	16,92%	-2,05%	13,93%	7,40%
02	1,17%	19,54%	20,83%	14,30%
03	5,50%	2,63%	13,46%	6,93%
04	-5,28%	2,08%	2,32%	-4,21%
05	-1,29%	2,31%	-9,44%	-15,97%
06	16,80%	14,29%	3,03%	-3,50%
07	12,44%	-11,11%	15,20%	8,67%
08	10,56%	7,69%	11,48%	4,95%
09	7,26%	14,18%	13,35%	6,82%

Tabla 4. Variaciones de capital circulante, de las inversiones en capital e incremento de deudas utilizados en la valoración de las empresas para las empresas con sistema de calidad ISO 9001
Table 4. Change in working capital, in equity investments and increasing debt applied in the valuation of the companies with ISO 9001 certification

Año	2008			2012		
Empresa	Variación capital circulante	Inversiones en capital	Incremento deudas	Variación Capital circulante	Inversiones en capital	Incremento deudas
01	-38.977	76.083	0	-63.795	23.092	0
02	420.199	-162.562	120.433	-94.486	2.683	-121.266
03	-39.003	345.848	-40.989	26.843	97.462	-5.286
04	134.445	379.278	355.321	-198.152	19.103	-353.535
05	333.695	222.500	450.049	104.264	17.653	-22.258
06	146.308	-49.468	74.414	174.861	-22.718	39.684
07	11.459	7.625	0	11.873	-5.908	31.213
08	269.267	-90.861	161.845	213.832	197.111	261.370
09	-438.565	367.749	-177.513	557.510	-158.522	-184.081

Tabla 5. Variaciones de capital circulante, de las inversiones en capital e incremento de deudas utilizados en la valoración de las empresas para las empresas sin sistema de calidad ISO 9001
Table 5: Change in working capital, in equity investments and increasing debt applied in the valuation of the companies without ISO 9001 certification

Año	2008			2012		
Empresa	Variación capital circulante	Inversiones en capital	Incremento deudas	Variación Capital circulante	Inversiones en capital	Incremento deudas
01	36.644	-36.117	0	76.083	-38.977	0
02	-106.917	32.431	-90.709	-143.904	133.403	-17.942
03	163.198	46.453	310	345.848	-39.003	-40.989
04	371.746	143.745	304.378	379.278	134.445	355.321
05	668.742	-208.856	-193.994	646.901	369.731	900.097
06	69.328	55.221	91.984	-49.468	146.308	74.414
07	18.504	106.859	0	7.625	11.459	0
08	-25.154	105.315	-44.565	-90.861	269.267	161.845
09	-81.936	185.523	-66.261	-81.936	185.523	-66.261

Tabla 6. Flujo de caja estimado para cada una de las empresas que han implantado el Sistema ISO 9001
Table 6. Estimated cash flow for the companies with the ISO 9001 quality system

	2008			2012		
Empresa	Optimista	Base	Pesimista	Optimista	Base	Pesimista
01	19.812	19.739	8.892	73.910		70.861
02	54.755	48.676	28.977	267.855	247.566	233.598
03	-154.603	-155.877	-200.226	89.783	76.914	69.948
04	122.694	73.672	31.401	325.528	287.239	272.144
05	535.772	396.198	385.819	522.085	485.168	468.463
06	103.846	91.133	78.651	38.380	29.494	18.380
07	49.634	47.932	14.961	30.263	20.975	8.388
08	146.004	143.016	120.820	399.719	398.906	358.800
09	310.274	307.536	227.467	22.401	-8.602	-48.046

Tabla 7. Flujo de caja estimado para cada una de las empresas bajo el supuesto de que no han implantado el Sistema ISO 9001
Table 7. Estimated Cash flow for the companies without the ISO 9001 quality system

	2008			2012		
Empresa	Optimista	Base	Pesimista	Optimista	Base	Pesimista
01	58.028	57.812	50.156	-3.618	-4.039	-8.969
02	187.869	173.666	173.300	267.161	257.563	227.405
03	-19.420	-44.140	-52.314	-124.401	-128.917	-167.227
04	85.828	-24.678	-53.281	368.151	282.117	252.890
05	15.305	-85.329	-103.584	518.696	402.921	353.937
06	99.038	98.401	80.873	122.684	105.752	98.689
07	-56.588	-63.995	-80.359	1.576	1.471	-18.478
08	42.493	34.670	24.335	567.640	548.233	479.291
09	265.335	227.154	205.630	354.250	344.720	269.086

Tabla 8. Tasa de descuento utilizada
Table 8. Discount rate applied

	Optimista	Base	Pesimista
Prima riesgo	4,20	5,25	8,50
Interés libre de riesgo	4,43	4,43	4,43
Tasa descuento	8,63	9,68	12,93

Tabla 9. Valoración de la empresa con y sin Sistema de calidad ISO 9001, y valoración del Sistema de calidad ISO 9001 en el año 2008
Table 9. Value of the companies (with and without ISO 9001 quality system) and the additional value its commitment quality brings (2008)

Empresa	Valor empresa con Sistema ISO 9001	Valor empresa sin Sistema ISO 9001	Valor Sistema ISO 9001
01	1.077.325,07	799.855,57	277.469,49
02	2.591.748,55	2.386.548,65	205.199,90
03	2.907.682,57	2.121.867,13	785.815,43
04	3.697.266,99	3.481.511,14	215.755,85
05	5.692.825,57	5.667.070,87	25.754,70
06	2.018.314,88	1.551.282,13	467.032,76
07	1.645.782,12	1.791.652,58	-145.870,46
08	2.346.778,16	2.467.241,82	-120.463,66
09	6.631.780,24	6.951.382,12	-319.601,89

el valor del sistema ISO 9001 llega representar más del 20% del valor total de las mismas (Tabla 9).

Si introducimos la actual crisis económica en nuestro análisis y observamos también la Tabla 10, entre el 2008 y el 2012 sólo en 3 de las 9 organizaciones analizadas ha disminuido la aportación del sistema de calidad al valor final de las empresas, si bien sigue siendo positiva en dos de ellas. Se trata precisamente de las tres organizaciones más pequeñas de la muestra, pudiendo ser catalogadas de microempresas, especialmente dos de ellas con unas ventas netas en el 2012 por debajo de los 400.000 euros.

Si consideramos el peso específico que en el 2012 representa el valor del Sistema ISO 9001 sobre el valor final de la empresa, en 7 de las 9 empresas analizadas la aportación resulta claramente positiva. En tres de ellas nuevamente el componente de la calidad representa porcentajes superiores al 20% del valor total (Tabla 10). Tan sólo en una de las empresas analizadas la apuesta por la calidad

Tabla 10. Valoración de la empresa con y sin sistema de calidad ISO 9001, y valoración del Sistema de calidad ISO 9001 en el año 2012
Table 10. Value of the companies (with and without ISO 9001 quality system) and the additional value its commitment quality brings (2012)

Empresa	Valor empresa con Sistema ISO 9001	Valor empresa sin Sistema ISO 9001	Valor Sistema ISO 9001
01	1.059.231,53	793.358,26	265.873,27
02	8.727.822,13	7.925.115,10	802.707,03
03	5.849.682,67	5.276.608,17	573.074,50
04	13.439.400,86	11.291.181,89	2.148.218,97
05	15.166.563,91	11.220.949,73	3.945.614,18
06	4.245.625,06	3.098.086,18	1.147.538,88
07	1.990.221,64	2.348.537,24	-358.315,60
08	16.226.379,83	15.468.298,90	758.080,93
09	14.935.241,79	14.960.836,04	-25.594,25

afecta negativamente de forma significativa a su valoración final. Se trata de una de las microempresas que ya en el 2008 mostró un comportamiento negativo, concretamente la más pequeña de todas ellas. La posibilidad de que las empresas más pequeñas certificadas puedan obtener peores resultados que las grandes compañías ha sido puesto de manifiesto por autores como Mears y Voehl (1995) o más recientemente Feng *et al*. (2008) y Climent (2005), quienes lo justifican en base a una inadecuada implementación de la norma cuyo contenido en muchos casos no llega a ser debidamente interiorizado. No en vano existen diferentes niveles de interiorización de la norma, lo que repercute en la forma en que la empresa la implementa y en última instancia, en los resultados obtenidos (Naveh y Marcus, 2004; Sharma, 2005). De todas formas, no hay que olvidar que el resto de empresas que integran la muestra, aunque con un tamaño mayor, también son Pymes, y en general, como hemos podido comprobar, la certificación ISO 9001 ha incidido positivamente en su valor final, especialmente en el 2012.

Del análisis de los resultados obtenidos en principio cabría concluir que la certificación ISO 9001 ha resultado un valioso instrumento para ayudar a las Pymes del sector en los peores momentos de la crisis que ha afectado al conjunto de la economía española. No obstante, hay que tener en cuenta que el sector agrario no es tan dependiente del ciclo económico como otros, viéndose más afectado por otros factores como la climatología o el propio marco institucional que determina la Política Agraria Comunitaria. Incluso como señalan Bourne *et al.* (2012) ante una crisis económica global como la actual el sector agrario desempeña un papel estabilizador de la economía. Estos autores coinciden con la OCDE (2009) en destacar su mayor resistencia al proceso de ajuste macroeconómico frente a otros sectores. Entre las razones que justifican el mejor comportamiento del sector se encuentra la inmovilidad del factor de

suelo que limita las caídas en el uso de mano de obra y capital agrarios, la existencia de unos productos agrarios que se enfrenten a elasticidades gasto de demanda relativamente bajas, y una mayor protección de la agricultura, en relación a otros sectores como la industria o la construcción, frente al colapso de las expectativas de los inversores (Bourne *et al.,* 2012).

En efecto, la observación de los principales indicadores económicos evidencian como el sector agrario es uno de los que mejor han soportado la desfavorable coyuntura económica, y los resultados obtenidos en las valoraciones llevadas a cabo así parecen corroborarlo. De todas formas, ello no es óbice para que se destaque el interés que puede tener la implantación de Sistemas de calidad ISO 9001 en las Pymes agrícolas. No en vano en la mayor parte de los casos analizados el sistema ISO 9001 implantado incrementa el valor de las empresas en los dos años en los que se ha efectuado la valoración económica.

Agradecimientos

Queremos agradecer a SGS y muy especialmente a AENOR la información facilitada gracias a la cual fue posible la elaboración de la muestra de empresas a analizar, así como a los dos revisores anónimos su contribución a la mejora del presente trabajo.

Bibliografía

Aarts F, Vos E (2001). The impact of ISO registration in New Zealand firms'performance: a financial perspective. The TQM Magazine 13(3): 180-191.

Abraham M, Crawford J, Carter D, Mazotta F (2000). Management decisions for effective ISO 9000 accreditation. Management Decision 38(3): 182-193.

Analistas Económicos de Andalucía (2013). Informe Anual 2012 del Sector Agrario en Andalucía. Málaga. Fundación Unicaja.

Bayati A, Taghavi A (2007). The impacts of acquiring ISO 9000 certification on the performance of SMEs in Tehran. The TQM Magazine 19(2):140-149.

Borut R, Milena A (2010). Capitalising on ISO 9001 benefits for strategic results. International Journal of Quality & Reliability Management 27(7): 756-778.

Bourne M, Childs J, Philippidis G (2012). Recoger lo que otros han sembrado: El impacto de la crisis financiera global sobre el sector agrario en España. Información Técnica Económica Agraria 108(4): 405-425.

Capistrano EPS (2008). ISO 9000 certification and business performance of selected Philippine companies. Philippine Management Review 15: 15-36.

Casanovas M (2009). Valoración de empresas: bases conceptuales y aplicaciones prácticas. Profit Editorial, S.L. Barcelona. España.

Climent S (2005). Los costes, gastos, burocracia e incremento de productividad por la certificación en la norma ISO 9000 en la empresas certificadas en la norma ISO 9000 de la Comunidad Valenciana. Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa 11(1): 245-259.

Comisión Nacional de la Competencia (2010). Informe sobre la certificación de calidad y seguridad. http://www.cncompetencia.es/Inicio/GestionDocumental/tabid/76/Default.aspx?EntryId = 43981&Command = Core_Download&Method = attachment (15 diciembre 2014).

Crosby P (1979). Quality is free: The Art of Making Quality Certain. Penguin Books. Nueva York, EE. UU.

Damodaran A (2002). Investment Valuation. John Wiley & Sons, Inc. Nueva York. EE. UU.

Dick GPM (2009). Exploring performance attribution: The case of quality management standards adoption and business performance. International Journal of Productivity and Performance Management 58(4): 311-328.

Dimson E, Marsh P, Staunton M (2007). The Worldwide Equity Premium: A Smaller Puzzle. En: Handbook of investments: Equity risk premium. (Ed. R Mehra) Elsevier. Amsterdam.

Djekic I, Tomic N, Smigic N, Tomasevic I, Radovanovic R, Rajkovic A (2014). Quality management effects in certified Serbian companies producing food of animal origin. Total Quality Management & Business Excellence 25(3-4): 383-396.

Feng M, Terziovski M, Samson D (2008). Relationship of ISO 9001: 2000 quality system certification with operational and business performance: A survey in Australia and New Zealand-based manufacturing and service companies. Journal of Manufacturing Technology Management 19(1): 22-37.

Fernández P, Aguirreamalloa J, Corres L (2011). Prima de riesgo utilizada en el mercado: encuesta 2011. Documento de investigación DI-921. IESE Business School. Universidad de Navarra.

Heras I, Ochoa C, Arana P (2000). Análisis empírico de la incidencia de la normativa ISO 9000 en la rentabilidad económica de las empresas. Revista de Economía y Empresa XIV(39): 29-44.

INE (2012). Contabilidad nacional trimestral de España. http://www.ine.es/jaxiBD/tabla.do?per = 03&type = db&divi = CNTR&idtab = 9 (15 diciembre 2014).

INE (2014). http://www.ine.es/prensa/pib_tabla_cne.htm. (15 diciembre 2014).

ISO (2014). The ISO Survey of Management System Standard Certifications – 2013. http://www.iso.org. (10 diciembre 2014).

James P (1996). Total Quality Management: An Introductory Text. Prentice Hall. London.

Juran J (1951). Quality-control handbook. McGraw-Hill. New York.

Lima MA, Resende M, Hasenclever L (2000). Quality certification and performance of Brazilian firms: An empirical study. International Journal of Production Economics 66(2): 143-147.

Lloyds Register Quality Assurance LTD (1994). BS 5750/ ISO 9000 – Setting Standards for Better Business, Lloyds Register Quality Assurance Services Ltd, Croydon.

Marin LM, Gimeno J (2010). La certificacion ISO 9000 en el sector industrial del mueble: evidencias sobre la cultura de calidad total y las ventajas que la caracterizan. Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa 16(1): 77-101.

Martínez-Costa M, Choi TY, Martínez JA, Martínez-Lorente A (2009). ISO 9000/1994, ISO 9001/2000 and TQM: The performance debate revisited. Journal of Operations Management 27(6): 495-511.

Martínez-Costa M, Martínez-Lorente A (2003). Effects of ISO 9000 certification on firms' performance: a vision from the market. Total Quality Management & Business Excellence 14(10): 1179-1191.

Maza M, Ramirez V (2005). Study of the Main Motivations and Discouraging Factors for the Implementation of ISO 9000 Standards in Spanish Agribusiness Sector. Journal of International Food & Agribusiness Marketing 17(2): 229-243.

Maza M, Sepúlveda W, Campo C, Berga A (2009). Gestión de la calidad ISO 9001 en almazaras del sur de España. Revista Lebret 1: 117-130

Mears P, Voehl F (1995). The Executive Guide to Implementing Quality System. St Lucie Press. Delray Beach, Florida, EE. UU.

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2014). Informe Anual de Indicadores 2013. Madrid. Secretaria General Técnica del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Naser K, Karbhari Y, Mokhtar M (2004). Impact of ISO 9000 registration on company performance. International Journal of Quality & Reliability Management 19(4): 509-516.

Naveh E, Marcus A (2004). When does the ISO 9000 quality assurance standard lead to performance improvement? Assimilation and going beyond. IEEE Transactions of Engineering Management 51(3): 352-363.

OCDE (2009). Agricultural Outlook 2009-2018, OCDE publishing, Paris. http://www.agri-outlook.org/43040036.pdf. (12 diciembre 2014).

Perrone G, La Diega SN (1999). A simultaneous approach for IMS design: A possibility based ap-

proach. En: Modeling Manufacturing Systems. Springer Berlin Heidelberg, 161-191.

Pun M, Wilcok A, Aung M (2007). Experience and Perceptions of ISO 9000 and HACCP by Hong Kong Food and Beverage Organizations. Journal of Asia Business Studies 1(2): 67-76.

Ramírez I (1995). Las ISO 9000 y el sector alimentario. Qualitas hodie 14: 26-27.

Rohitratana K, Boon-itt S (2001). Quality Standard Implementation in The Thai Seafood Industry. British Food Journal 103(9): 623-630. Romano P (2000). ISO 9000: What is its impact on performance. Quality Management Journal 7(3): 38–56.

SABI - Iberian Balance sheet Analysis System (2014). https://sabi.bvdinfo.com/version-2013514/home.serv?product = sabineo. (18 diciembre 2014).

Sansalvador ME, Trigueros JA (1999). Las normas ISO 9000 ante el siglo XXI. Técnica Contable 612(12): 879-891.

Schiefer G (1997). Total quality management and quality assurance in Agriculture and food. Proceedings of the 49th Seminar of the EAAE. Quality management and improvement for competitive advantage in agriculture and food, 19-21 febrero, Bonn, Alemania, Vol. 1, pp 139-156.

Sharma DS (2005). The association between ISO 9000 certification and financial performance. International Journal of Accounting 40(2): 151-172.

Shiller RJ (2000). Irrational exuberance, University Press, Princeton: Nueva Jersey, EE. UU.

Siegel JJ (2005). Perspectives on the Equity Risk Premium. Financial Analysts Journal 61(6): 61-71.

Singels J, Ruel G, Van de Water H (2001). ISO 9000 series-Certification and performance. International Journal of Quality & Reliability Management 18(1): 62-75.

Tsao CT (2012). Fuzzy net present values for capital investments in an uncertain environment. Computers & Operations Research 39: 1885-1892.

Wilson JW, Jones CP (2002). An analysis of the S&P500 Index and Cowles's Extensions: Price Indexes and Stock Returns, 1870-1999. Journal of Business 75(3): 505-533.

Withers BE, Ebrahimpour M (2001). Impact of ISO 9000 registration on European firms: A case analysis. Integrated Manufacturing Systems 12(2): 139-151.

Yao JS, Chen MS Lin HW (2005). Valuation by using a fuzzy discounted cash flow model. Expert systems with applications 28(2): 209-222.

Zaibet L, Bredahl M (1997). Gains from ISO Certification in the UK meat sector. Agribusiness 13(4): 375-384.

(Aceptado para publicación el 27 de marzo de 2015)

Determinantes socioeconómicos y emocionales en el consumo de nuevos alimentos. Un estudio piloto

R. Barrena[1,*], T. García[1] y N. López-Mosquera[2]

[1] Dpto. Gestión de Empresas, Universidad Pública de Navarra, Campus de Arrosadía, 31006 Pamplona, España
[2] Facultad de Estudios Empresariales y Turismo, Universidad de Extremadura, 10071 Cáceres, España

Resumen

A pesar de los esfuerzos realizados por las empresas, el índice de fracaso de los nuevos productos es muy elevado, debido fundamentalmente a una falta de entendimiento del consumidor. De ahí que el éxito de un nuevo producto alimentario en el mercado se base en una mejor orientación al mercado. Tradicionalmente se ha relacionado la adopción de nuevos productos con las características socioeconómicas de los consumidores, sin embargo trabajos más recientes han mostrado la importancia de la *innovativeness* o tendencia innovadora del consumidor como un factor positivo en la adopción de innovaciones y aún más, la aceptación de nuevos productos se relaciona con las emociones percibidas en el momento de consumo.

El objetivo de este trabajo es analizar en qué medida el carácter innovador del consumidor determina el consumo de nuevos alimentos, así como en qué medida las emociones ayudan a mejorar la predicción del consumo de nuevos alimentos. Se han utilizado modelos de ecuaciones estructurales para comprobar las relaciones causales, llegando a concluir que el nivel educativo y la percepción de emociones positivas influyen positivamente en el carácter innovador de los consumidores y que éste determina significativamente la frecuencia de consumo de cápsulas de café.

Palabras clave: Carácter innovador, emociones, modelos de ecuaciones estructurales, nuevos alimentos.

Abstract
Socio-economic and emotional determinants in the consumption of new food. A pilot study

Despite the efforts made by the firms, food innovations have a high failure rate, owing to a fault of understanding of the consumer. Hence, the success of the new alimentary product in the market is based on a better orientation to the market. Traditionally, the adoption of new products has been related to the socioeconomic characteristics of the consumers, however more recent works have shown the importance of "innovativeness" or the consumer's innovative tendency like a positive factor the adoption of the innovations and, even more, the acceptation of the new products is related with the emotions felt in the moment of consumption.

The aim of this paper is analyze in which way the consumers' innovative tendency determine the consumption of the new aliments, as well as in which way the emotions help improving the prediction of the new aliments consume. Structural Equation Models have been used to check the casual relations,

* Autor para correspondencia: ramo.barrena@unavarra.es
http://dx.doi.org/10.12706/itea.2016.006

coming to the conclusion that the educative level and the perception of positive emotions influence positively in the innovator character of the consumers and that determines significantly the frequency of the coffee capsules consume.

Key words: Innovativeness, emotions, structural equation models, novel foods.

Introducción

La globalización e internacionalización de los mercados, la concentración de la oferta como resultado de la acción de grandes empresas tanto en distribución como en producción, y la existencia de un consumidor cada vez más exigente y consciente de lo que busca en un producto alimenticio ha originado una competitividad creciente en el sector alimentario. Este nuevo entorno competitivo ha provocado que las empresas se hayan visto en la necesidad de innovar y desarrollar nuevos productos alimentarios para satisfacer las necesidades y deseos de los mercados y mejorar la posición competitiva de las empresas (Baregheh *et al*., 2009; Naidoo, 2010). Las innovaciones han contribuido significativamente a mejorar la calidad de vida de los consumidores, proporcionándoles beneficios tanto individualmente, como a la sociedad en una escala más amplia. Muchas de estas innovaciones se han incorporado a la vida cotidiana con un buen nivel de aceptación por parte del consumidor, mientras que otras innovaciones han encontrado resistencia. Dentro del sector alimentario se encuentra la misma situación, con algunas innovaciones fácilmente adoptadas y otras rechazadas por los consumidores. En este sector el éxito de lanzamiento de nuevos productos es relativamente bajo, con índices de fracaso entorno al 40-90% (Gourville, 2006; Gresham *et al*., 2006).

Este alto ratio de fracaso es motivado en muchas ocasiones por una falta de entendimiento del consumidor y una falta de orientación al mercado de las empresas. El consumidor de hoy en día es cada vez más variable y menos predecible debido a los cambios significativos en los estilos de vida, a los cambios demográficos, intercambios culturales y al alto nivel de comunicación (Capitanio *et al*., 2009; Fortuin y Omta, 2009; Kühne *et al*., 2010). Por ello, tener un conocimiento mejor de lo que los consumidores quieren, de cómo cambian sus necesidades y cómo estos cambios pueden ser abordados inmediatamente, es decir, orientarse al mercado, se convierte no solo en un factor de éxito para las empresas agroalimentarias, sino también en un factor de supervivencia (Costa *et al*., 2004). El éxito de las innovaciones se basa en entender al consumidor, qué características y beneficios busca en los productos que adquiere y consume, y que aspectos de su propia personalidad está proyectando a través de estos productos.

La investigación centrada en el consumidor ha considerado las características mentales, de comportamiento y demográficas asociadas con la disposición a adoptar innovaciones. Muchos trabajos han relacionado la adopción de nuevos productos con las características socioeconómicas de los consumidores (Michon *et al*., 2010). Ahora bien, la mayor parte de los estudios indican que las características personales afectan a la adopción de innovaciones de forma débil (Urala y Lähteenmäki, 2007; Bellows *et al*., 2010). Parece ser que un predictor más consistente con el comportamiento innovador es la disposición a probar nuevos productos dentro de una categoría de productos. Distintos trabajos han mostrado el papel de la tendencia innovadora del consumidor o *innovativeness,* con un impacto positivo en la adopción de innovaciones (Banterle *et al*., 2011; Dobre *et al*., 2009; Goldsmith y Flynn, 1995; Roehrich, 2004).

Más recientemente, la atención se ha puesto en aspectos de naturaleza más psicológica, como son las emociones percibidas en el momento de consumo, las cuales juegan un papel adicional en la explicación del comportamiento del consumidor en relación con los alimentos. El importante papel que las emociones juegan en la vida de los consumidores sugiere que éstas pueden explicar el comportamiento en situaciones donde otros aspectos como las actitudes no pueden explicar la variabilidad del comportamiento (Laverie *et al*., 1993). Kulviwat *et al*. (2007) muestran que incluir emociones en un modelo de aceptación de nuevos productos mejora ampliamente la adopción de estos. Este estudio piloto pretende avanzar un paso más en este último enfoque, ya que trata de determinar en qué medida aspectos personales del consumidor influyen en la elección de nuevos alimentos. Se trata de pasar de la perspectiva tradicional (Lancaster, 1996) que consideraba únicamente las características físicas del producto, hacia una perspectiva más amplia que analice la influencia de los aspectos personales del elector. Este planteamiento teórico encaja en un entorno donde los consumidores tienen más deseos que necesidades, lo que implica que busquen funciones adicionales que den valor añadido al producto. El conocimiento de esta información permitirá a los productores mejorar sus estrategias productivas y comerciales.

A partir de lo anteriormente indicado, el objetivo de este estudio piloto es analizar en qué medida el carácter innovador del consumidor determina el consumo de nuevos alimentos, y como las emociones contribuyen a mejorar la predicción del consumo de nuevos alimentos.

Para ello se propone una comparación de dos modelos: un modelo inicial en el que se considera el carácter innovador del consumidor y un modelo ampliado donde se incorporan las emociones percibidas por parte del consumidor al consumir un nuevo alimento. De esta forma se identificará el efecto que tienen las emociones sobre la adquisición de nuevos alimentos.

Material y métodos

Planteamiento teórico

Tendencia innovadora del consumidor (innovativeness)

El concepto de tendencia innovadora o *innovativeness* en el consumidor ha sido de gran interés para la literatura durante décadas y ha sido ampliamente desarrollado en los últimos años (Roehrich, 2004). Las primeras nociones de este concepto fueron introducidas por Rogers (1962), quien definió la *innovativeness* como el "grado por el que un individuos es relativamente pionero en la adopción de una nueva idea con respecto a otros miembros del sistema". Sin embargo, no hay consenso con respecto al significando de carácter innovador. Puede ser descrito como una compra temprana de un nuevo producto, así como la tendencia de ser atraído por nuevos productos (Steenkamp *et al*., 1999). Hirschman (1980) y Manning *et al*. (1995) definieron este carácter innovador como el deseo inherente de búsqueda de novedades y creatividad. Steenkamp *et al*. (1999) vieron el carácter innovador como la predisposición a comprar productos y marcas nuevas y diferentes más que permanecer en las elecciones previas y en los patrones de consumo habituales.

La mayor parte de la literatura en relación con la *innovativeness* del consumidor se encuentra en la literatura de la psicología del consumidor y del marketing. Esta investigación se ha centrado en el concepto de *innovativeness* como un aspecto de la personalidad (Hirschman, 1980; Manning *et al*., 1995; Steenkamp *et al*., 1999; Venkatraman y Price, 1990). El objetivo era identificar a los consumidores innovadores

basándose en su predisposición hacia los productos innovadores, como la predisposición a un comportamiento de adopción innovador (Foxall, 1988; Foxall, 1995; Goldsmith *et al*., 1998; Manning *et al*., 1995; Michon *et al*., 2010). Los consumidores con un mayor carácter innovador pueden ser caracterizados por variables como la renta, edad, educación, participación social, predisposición a asumir riesgos (Gatignon y Robertson, 1991; Steenkamp *et al*., 1999) y mayor opinión de liderazgo (Gatignon y Robertson, 1991).

La mayor parte de la literatura señala que la edad tiene un efecto negativo en el carácter innovador del consumidor. Tradicionalmente los consumidores más jóvenes son más innovadores (Rogers, 2003) y los consumidores de más edad son percibidos como más resistentes a las innovaciones (Leek *et al*., 2001, Tellis *et al*., 2009). En general la edad influye en la adopción de innovaciones, ya que los jóvenes son menos aversos al riesgo (Burgess y Steenkamp, 2006). En el mercado de alimentos, se ha observado esta tendencia en la adquisición de alimentos ecológicos (Bartels y Reinders, 2010; Rimal y Moon, 2005), alimentos funcionales (Krystallis *et al*., 2010; Leek *et al*., 2001), y alimentos étnicos (Pelchat y Pliner, 1995; Xu *et al*., 2004). De esta forma se plantea la primera de las hipótesis:

> Hipótesis 1a: la edad del consumidor tiene un efecto negativo en el carácter innovador del consumidor

Por otro lado, la literatura señala que cuanto mayor es el estatus socioeconómico del consumidor y su nivel de estudios, mayor es la posibilidad de estar expuestos a distintos productos, de comer fuera del hogar, de interactuar con otras culturas y conocer otras cocinas, y por lo tanto es mayor la posibilidad de ser más innovador (Flight *et al*., 2003; Tuorila *et al*. 2001). Esto da lugar a las siguientes hipótesis:

> Hipótesis 1b: el nivel educativo del consumidor tiene un efecto positivo en el carácter innovador del consumidor

> Hipótesis 1c: el nivel económico del consumidor tiene un efecto positivo en el carácter innovador del consumidor

Por último, tal y como ya se ha señalado con anterioridad, la mayor parte de los trabajos han mostrado el papel de la *innovativeness* o tendencia innovadora del consumidor como un elemento clave y positivo en la adopción de innovaciones (Banterle *et al*., 2011; Dobre *et al*., 2009; Goldsmith y Flynn, 1995; Roehrich, 2004), lo que motiva la siguiente hipótesis:

> Hipótesis 2: el carácter innovador del consumidor tiene un efecto positivo en la adopción de innovaciones

Estas hipótesis dan lugar al modelo inicial, que se muestra en la Figura 1a.

Efecto de las emociones

El término emoción es usado para referirse a un estado mental de preparación que surge del aprendizaje cognitivo de eventos o pensamientos, acompañado normalmente por un proceso psicológico y que se suele expresar de forma física (gestos, posturas, etc.). Puede dar lugar a acciones específicas para afirmar la emoción, dependiendo de la naturaleza y el significado que para la persona tenga (Lazarus, 1991; Oatley, 1992). El estudio de las emociones se ha visto limitado y coartado por la ambigüedad entre dos cuestiones interrelacionadas: la estructura y el contenido de las emociones (Bagozzi y Yi, 1988). Con respecto a la estructura de las emociones, algunos investigadores (Izard, 1977) examinan todas las emociones al mismo nivel de generalidad, mientras que otros especifican una estructura jerárquica en las que las emociones específicas son casos particulares de una emoción más general (Shaver *et al*., 1987; Storm y Storm, 1987). En referencia al contenido de las emociones existe un debate: unos investigadores indican que sería más fructífero concebirlas como factores generales más amplios, como placer/excitación

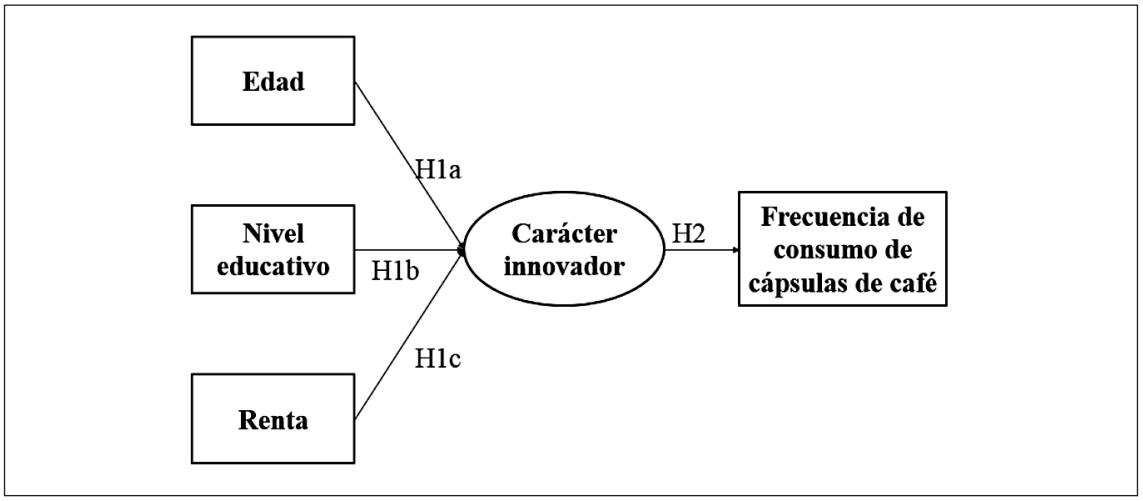


Figura 1a. Modelo inicial. Determinantes socioeconómicos del carácter innovador en la frecuencia de consumo de cápsulas de café.
Figure 1a. Initial model. Socioeconomic determinants of innovativeness in the frequency of coffee capsules' consumption.

(Russell, 1980) o a efectos positivos/negativos (Watson y Tellegen, 1985). Por otro lado, otros consideran que no hay que considerarlas en general porque cada emoción tiene sus propios estimadores (Frijda *et al*, 1989; Roseman *et al*., 1996).

Las emociones pueden afectar la elección de alimentos (Macht, 2008), incrementando la ingesta de unos o desechando otros. Además, autores como Narchi *et al*. (2008) recalcan la influencia de las emociones en el proceso de elección de alimentos por parte de los consumidores, en la percepción de calidad alimentaria y en los niveles de satisfacción indicados. Al mismo tiempo que señalan la falta de investigación en este campo.

La ingestión de alimentos viene controlada en gran medida por las emociones (Desmet y Schifferstein, 2008; Edwards *et al*., 2013; Evers *et al*., 2013, Hartwell *et al*, 2013; Kulviwat *et al*., 2007; Macht, 2008; Piqueras-Fiszman y Jaeger, 2014). Muchas personas comen para distraerse, para compensar emociones negativas como estrés, ansiedad, frustración, miedo, tristeza, aburrimiento, depresión, fatiga (Chua *et al*., 2004; O'Connor, *et al*., 2008; Polivy y Herman, 1999; Schachter *et al*., 1968; Wallis y Hetherington, 2004, 2009; Willner *et al*., 1998). En un estudio de Macht (1999) se encontraron mayores niveles de hambre durante momentos de enfado y disfrute que de miedo y envidia, dándose una tendencia a comer más cuando se experimentan emociones negativas. La mayor parte de los consumidores tienden a elegir alimentos que emocionalmente son cercanos a ellos (Jiang *et al*., 2014; Porcherot *et al*., 2010).

Del mismo modo, se sugiere una relación positiva entre las emociones positivas y el carácter creativo o innovador del consumidor (Fredrickson, 2003). Las emociones positivas como el amor, paz, optimismo, orgullo, alivio, alegría, excitación, dan lugar a la apertura de mente y por lo tanto tienen una influencia favorable en el carácter innovador del individuo (Amabile *et al*., 2005; Isen *et al*., 1987). Por ejemplo, la alegría y el disfrute dan lugar a

una activación de la jocosidad (Frijda, 1986), que estimula el interés por la exploración y la creatividad (Fredrickson y Losada, 2005). Asimismo, la resistencia a las innovaciones y el carácter menos innovador están íntimamente relacionados con emociones negativas, como el enfado, miedo, tristeza, disgusto, culpa, vergüenza, envidia y preocupación (Bagozzi y Lee, 1999; Garg y Lerner, 2013). A partir de estas proposiciones se plantean las hipótesis:

Hipótesis 3a: las emociones positivas tienen un efecto significativo sobre el carácter innovador del consumidor.

Hipótesis 3b: las emociones negativas tienen un efecto significativo sobre el carácter innovador del consumidor.

La introducción de las emociones dan lugar al modelo ampliado, que se muestra en la Figura 1b[1].

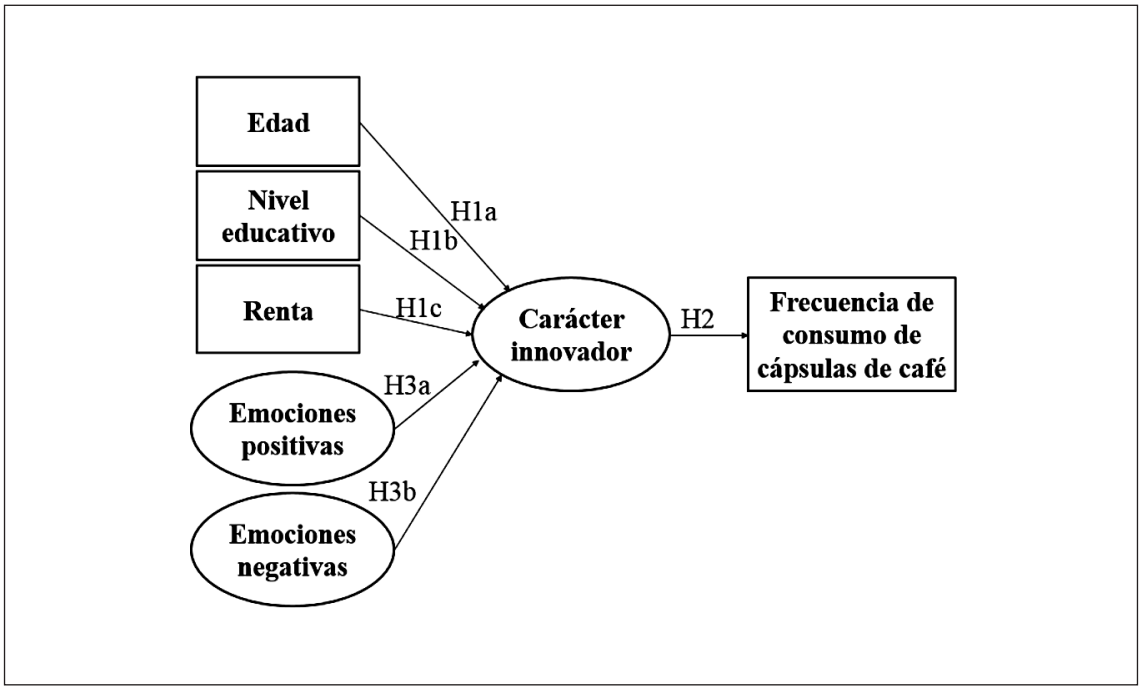


Figura 1b. Modelo ampliado. Determinantes socioeconómicos y emocionales del carácter innovador en la frecuencia de consumo de cápsulas de café.
Figure 1b. Extended model. Socioeconomic and emotional determinants of innovativeness in the frequency of coffee capsules' consumption.

1. El modelo estructural propuesto se trata de un modelo formativo, donde tal y como sugiere Bollen (1989) las variables precursoras (edad, nivel educativo y renta) causan una variable latente (carácter innovador) la cual, a su vez, determina la frecuencia de consumo.

Metodología

Producto elegido

Para la consecución del objetivo expuesto se ha seleccionado una innovación como es el café en cápsulas (tipo Nespresso), un sistema de consumo de café que ha revolucionado la forma de comprar y consumir el café en España. La elección de este producto ha venido motivada por ser el café un producto ampliamente conocido y consumido en España. De acuerdo con datos del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de España (MAGRAMA), los niveles de consumo para el café tradicional son muy elevados, consumiendo de forma habitual este producto el 80% de la población. En concreto, en 2012 el consumo per capita ha ascendido a 1,53 kilos, observándose una tendencia mantenida en los últimos años según los datos del Panel de Consumo Alimentario del MAGRAMA. En el caso de las cápsulas de café, la frecuencia de consumo es mucho menor que para el producto tradicional. El despegue de esta innovación propuesta se produjo entre los años 2004-2005[2], habiendo triplicado su penetración en el mercado español en los dos últimos años, superando ya la barrera de los 1,5 millones de consumidores habituales, (lo que supone el 8% del volumen de consumo de café) (MAGRAMA, 2011). En 2010 se calculaba que el 35% de los hogares de más de una persona disponía ya de algún equipo que funcione específicamente con café en cápsulas. Por otro lado, la demanda creciente ha hecho que muchos tostadores de café tengan ya sistema propio de encapsulado.

Obtención de información

La información para conseguir los objetivos propuestos ha sido recogida a través de una encuesta personal realizada en Navarra durante marzo y abril de 2011, dirigida a compradores de alimentos para el hogar. Los encuestados respondían a diversas proposiciones para conocer sus emociones cuando consumen las cápsulas de café y se medía su espíritu innovador a través de la escala *Domain Specific Innovativeness-DSI*. En la encuesta también se recogieron las características sociodemográficas de los encuestados.

La escala de *Domain Specific Innovativeness (DSI)* (Goldsmith y Flynn, 1995) es una escala fiable y válida para medir el grado de innovación del consumidor dentro de una categoría específica de producto, lo que refleja la tendencia a adoptar o probar nuevos productos en un sector determinado tras su aparición en el mercado (Goldsmith y Hofacker, 1991).

Se ha trabajado con una muestra de conveniencia compuesta por 98 personas responsables de la compra de alimentos en el hogar, que acudieron a una convocatoria personal realizada por correo electrónico a personal (profesores, personal de Administración y Servicios y estudiantes) de la Universidad Pública de Navarra. Las características de la muestra y de la población de Navarra se exponen en la Tabla 1.

La mayor diferencia surge en relación con el mayor porcentaje de participantes con un alto nivel educativo, debido a que la encuesta fue desarrollada en la Universidad. También se aprecia un mayor número de mujeres en la muestra utilizada, debido probablemente a que la encuesta se realizó a personas responsables de la compra en el hogar, y todavía sigue habiendo un mayor número de mujeres que realiza esta función. Sin embargo, aunque se puede considerar que la muestra se encuentra sesgada en lo que a nivel educa-

2. El café encapsulado para máquinas comenzó a comercializarse en 1986, no obstante en España se trata de un producto innovador, ya que su introducción al mercado fue más tardía (Nesspreso, 2012).

tivo respecta, lo cierto es que otros elementos como la composición del hogar, edad y género mantienen una tendencia y composición similar a la población de Navarra.

Tabla 1. Características de la muestra y de la población de Navarra
Table 1. Characteristics of the sample and the population of Navarra

	Muestra	Población
Género, %		
Masculino	28,03	49,77
Femenino	71,97	50,23
Edad media	40,03	40,50
Tamaño del hogar	3,06	2,90
Nivel educativo, %		
Elemental	–	18,67
Medio	17,99	52,24
Superior	82,10	29,09

Fuente: Elaboración propia e Instituto Nacional de Estadística (INE, 2007).

Análisis de los datos

Este trabajo utiliza los programas SPSS Statistics 20.0 y AMOS 20.0 para analizar los datos bajo el algoritmo de máxima probabilidad. Siguiendo a Anderson y Gerbing (1988), en primer lugar se estima el modelos de medida usando el análisis factorial confirmatorio (AFC) para garantizar que los ítems preestablecidos para reflejar un mismo constructo latente están altamente correlacionados entre sí y, por lo tanto, son fiables. Además, se utiliza el coeficiente alfa de Cronbach (1951) para evaluar la consistencia interna de los ítems, donde alfa debe ser superior a 0,7 y la correlación entre los ítems debe exceder de 0,3 (Nunnally, 1978). La adecuación de cada escala multi-ítem en la captura de su respectivo constructo se examina a continuación para contrastar la validez convergente del modelo. Así, se evalúa la validez interna del modelo de medida mediante el cálculo de la fiabilidad compuesta, que debe tener un valor superior a 0,6 (Bagozzi *et al*., 1999), y a través de la varianza extraída, superior a 0,5 (Hair *et al*., 1998). Finalmente, se probó la validez discriminante para determinar si los constructos del modelo son diferentes entre sí. Fornell y Larcker (1981) recomiendan el uso de la varianza extraída. Así, sugieren que la varianza extraída debe ser superior que la varianza compartida entre el constructo con el resto de los constructos del modelo, esto es, la correlación al cuadrado entre dos constructos.

Después de evaluar la adecuación de los modelos de medida, se utilizan los modelos de ecuaciones estructurales para comprobar las relaciones causales. Como es habitual, los resultados de los modelos de ecuaciones estructurales se pueden interpretar en términos de importancia de los coeficientes individuales y en términos de bondad de ajuste (Jöreskog y Sörbom, 1988). En cuanto a la bondad del ajuste, por lo general se recomienda utilizar varios índices, como: chi-cuadrado (χ^2); la razón de chi-cuadrado sobre los grados de libertad (χ^2/gl) que debe ser inferior a 3; y los índices CFI (índice de ajuste comparativo), GFI (índice de bondad de ajuste) e IFI (índice de ajuste incremental) que deberían ser próximos a 0,9 o 1,0 y RMSEA (error de aproximación cuadrático medio) que no debería exceder de 0,1 y lo ideal sería que estuviese entre 0,05 y 0,08 (Hair *et al*., 1998). Por último, para determinar si la inclusión de variables emocionales en el modelo final mejora la explicación del modelo inicial propuesto se va a emplear la medida R^2 ajustado que refleja el porcentaje de varianza explicado de la variable dependiente (frecuencia de consumo) por los determinantes considerados en cada uno de los modelos.

Resultados

Fiabilidad y validez del modelo

La lista completa de ítems incluyendo sus medias y desviaciones típicas aparecen en la Tabla 2. Así, se aprecia como el consumidor tipo encuestado tiene una media de 40 años, estudios superiores o universitarios y un poder adquisitivo medio (1.500 €-3.000 €). En términos del carácter innovador del consumidor, destaca la compra ciega de nuevos productos frente a las otras características. Por otra parte, con respecto a las emociones positivas percibidas en el consumo de cápsulas de café sobresalen el optimismo, contento y la excitación. En la percepción de emociones negativas, destacan la impaciencia, la envidia y la preocupación. Finalmente, se aprecia un consumo actual de cápsulas de café relativamente bajo.

A continuación, se inicia la validación del modelo de medida. Así, se evalúa la consistencia interna de los ítems que componen cada escala usando el coeficiente alfa de Cronbach. Como resultado, se eliminó un ítem de la escala *DSI* ("aún cuando haya nuevos alimentos no los compro"), cuatro ítems de la escala emociones positivas ("amor romántico", "excitación", "orgullo", "sorpresa") y de la escala de emociones negativas ("cólera", "envidia", "vergüenza", "soledad"). Todos los ítems fueron eliminados con el propósito de mejorar la fiabilidad de los modelos. Una vez eliminados los ítems con una correlación inferior a 0,3, todas las escalas presentaron una fiabilidad superior a 0,7. Una vez analizada la fiabilidad de las escalas, se realizó un AFC para evaluar la estructura subyacente de las variables que integran el modelo. El AFC evalúa el modelo de medida para los constructos carácter innovador, emociones positivas y emociones negativas. Los resultados del AFC indican que el modelo propuesto se ajusta bien a los datos de la muestra (χ^2 = 165,10, P<0,01, RMSEA = 0,08, CFI = 0,91, GFI = 0,85, IFI = 0,92). Todos los coeficientes de regresión estandarizados de los ítems individuales con respecto a sus variables latentes fueron superiores al umbral de 0,4. Además, todos los ítems se asociaron significativamente con respecto a su variable especifica (p<0,01). Asimismo, todas las escalas han pasado con éxito las pruebas de fiabilidad compuesta (> 0,7) y varianza extraída (próxima o superior a 0,5), mostrando que la validez convergente del modelo de medida es adecuada ya que todas las escalas presentan una fiabilidad y validez de moderada a alta. Finalmente, la Tabla 3 confirma la validez discriminante del modelo propuesto y muestra como la mayoría de las escalas están correlacionadas entre sí (P<0,10). Por lo tanto, se confirma la adecuación del modelo de medida propuesto a nuestros datos.

Modelos estructurales

Una vez garantizada la adecuación del modelo de medida, se procede con el análisis de los resultados obtenidos en los modelos estructurales correspondientes al modelo inicial (factores socioeconómicos, carácter innovador y frecuencia de consumo) y al modelo ampliado (factores socioeconómicos, factores emocionales, carácter innovador y frecuencia de consumo). El modelo inicial presenta un ajuste inaceptable debido al elevado error de medida (>0,80): χ^2 = 60,21 (p<0,01), RMSEA = 0,11, CFI = 0,86, GFI = 0,88, IFI = 0,87. Además, sólo el carácter innovador muestra diferencias significativas con respecto al consumo de cápsulas de café (β = 0,22, P<0,05). Por otra parte, no se ha podido confirmar el efecto de ninguna variable socioeconómica en el carácter innovador de los consumidores encuestados (P>0,10). Los determinantes, edad, estudios y renta, explican el 4% de la varianza del carácter innovador y el carácter innovador refleja el 4% de la varianza de la frecuencia de consumo de café.

Tabla 2. Fiabilidad y Análisis Factorial Confirmatorio
Table 2. Reliability and Confirmatory Factorial Analysis

Variables	Media (dt) / Frecuencia	β	AVE	FC
Renta, %		–		
Baja (>1500 €)	13,3			
Media (1500 €-3000 €)	58,2			
Alta (>3000 €)	28,6			
Carácter innovador (α = 0.78)			0,51	0,82
Compro nuevos alimentos antes que la mayoría de la gente	2,01(0,96)	0,79		
Soy el primero de mi círculo en comprar nuevos alimentos	2,10(1,04)	0,87		
Comparado con mi entorno, compró más nuevos alimentos	2,25(0,99)	0,94		
Aún cuando haya nuevos alimentos en la tienda, no los compro	2,25(1,05)	ni		
Soy el último de mi círculo en conocer las nuevas tendencias	2,15(1,09)	0,34		
Compraría un nuevo alimento aún sin haberlo probado	3,05(1,22)	0,37		
Emociones positivas (α = 0.81)			0,39	0,79
Amor romántico	1,63(0,95)	ni		
Paz	2,68(1,35)	0,76		
Optimismo	2,91(1,31)	0,75		
Excitación	2,77(1,29)	ni		
Orgullo	1,31(0,78)	ni		
Alivio, consuelo	2,13(1,21)	0,64		
Amor	1,57(0,89)	0,49		
Contento	2,83(1,29)	0,52		
Alegría, júbilo	2,44(1,13)	0,53		
Sorpresa	1,22(0,63)	ni		
Emociones negativas (α = 0.74)			0,38	0,78
Cólera, ira	1,03(0,23)	ni		
Preocupación	1,25(0,69)	0,79		
Miedo	1,08(0,42)	0,82		
Envidia	1,63(0,94)	ni		
Descontento	1,07(0,26)	0,54		
Tristeza	1,13(0,49)	0,56		
Vergüenza	1,04(0,24)	ni		
Soledad	1,24(0,62)	ni		
Impaciencia	1,66(1,05)	0,49		
Culpa	1,12(0,54)	0,39		
Frecuencia de consumo de cápsulas de café	1,62 (0,81)	–		

β: ponderación estandarizada; a fiabilidad (a de *Cronbach*); FC: fiabilidad compuesta; AVE: varianza extraída; ni: ítem no incluido en el modelo de medida por no superar la validación inicial.

Tabla 3. Varianza extraída (AVE) y correlaciones entre los constructos latentes
Table 3. Correlations in latent constructs

	AVE	Correlaciones		
		Carácter innovador	Emociones positivas	Emociones negativas
Carácter innovador	0,51			
Emociones positivas	0,39	0,19*		
Emociones negativas	0,38	-0,02	0,21*	

*p<0,10.

A continuación, se prueba el modelo ampliado que muestra un ajuste aceptable en términos de los índices utilizados: χ^2 = 271,85 (p<0,01), RMSEA = 0,07, CFI = 0,87, GFI = 0,81, IFI = 0,87. Los resultados muestran que el nivel educativo (β = 0,17, P<0,10) y la percepción de emociones positivas (β = 0,22, P<0,05) influyen positivamente en el carácter innovador de los consumidores. Por su parte, el carácter innovador determina significativamente la frecuencia de consumo de cápsulas de café (β = 0,23, P<0,05). Por tanto, se confirma que dos aspectos importantes que favorecen que los consumidores sean más proclives a innovar en el consumo de café son una mayor formación y los productos que evocan emociones positivas. Además, un fuerte carácter innovador desencadena un mayor consumo de las nuevas cápsulas de café. Con respecto a las varianzas explicadas, los determinantes edad, estudios, renta, emociones positivas y emociones negativas explican el 9% de la varianza del carácter innovador y el carácter innovador cubre 5% de la frecuencia de consumo de cápsulas de café.

Comparación de modelos

Sólo el modelo ampliado mostró un ajuste aceptable. Esto implica que sólo el modelo ampliado podría predecir adecuadamente la frecuencia de consumo de cápsulas de café. Además, los resultados indican que el modelo ampliado tiene un mejor poder explicativo para el carácter innovador (R^2 ajustada = 0,09) y para la frecuencia de consumo (R^2 ajustada = 0,05) que el modelo inicial (R^2 ajustada = 0,04 en ambos casos). Aunque, algunos de sus índices de ajuste son ligeramente inferiores que el modelo inicial (GFI = 0,81), la mayoría de los índices de comparación del modelo ampliado muestran un ajuste superior (χ^2/df = 1,47, CFI = 0,87, RMSEA = 0,07). Se puede concluir que el modelo ampliado identifica la frecuencia de consumo y de sus determinantes más próximos con mayor detalle que el modelo inicial, aunque aún existe un amplio porcentaje de varianza sin explicar.

Discusión

A pesar de los esfuerzos realizados por la industria agroalimentaria el índice de fracaso de los nuevos alimentos en su salida al mercado es muy elevado, debido entre otras razones, a una falta de entendimiento del consumidor. Por eso se muestra muy necesario conocer al consumidor, descubrir qué busca en los productos y qué aspectos de su perso-

nalidad está proyectando a través de los alimentos que busca para su consumo. Tradicionalmente el estudio del comportamiento del consumidor en relación con innovaciones se ha centrado en características demográficas asociadas con la disposición a adoptar nuevos productos, pero estudios más recientes incorporan la *innovativeness* o tendencia innovadora del consumidor como un factor positivo en la adopción de innovaciones, y la influencia que tienen las emociones percibidas respecto al nuevo producto.

Este estudio piloto trata de analizar en qué medida el carácter innovador del consumidor determina el consumo de nuevos alimentos, y cómo las emociones percibidas ayudan a mejorar la predicción del consumo de nuevos alimentos.

Para ello se han utilizado los modelos de ecuaciones estructurales y se han comparado dos modelos: un modelo inicial en el que se consideran los factores socioeconómicos, el carácter innovador y la frecuencia de consumo, y un modelo ampliado donde se incorporan además, las emociones percibidas por parte del consumidor al consumir el nuevo alimento.

Los resultados obtenidos con el modelo ampliado, indican que el nivel educativo y las emociones positivas influyen positivamente en el carácter innovador de los consumidores y este último determina significativamente la frecuencia de consumo de cápsulas de café. Estos resultados están la línea de los obtenidos en investigaciones previas donde ya se ha demostrado que los consumidores de mayor nivel educativo son más proclives a probar nuevos productos (Flight *et al*., 2003; Tuorila *et al*., 2001). Por su parte, las emociones percibidas en el consumo de nuevos alimentos se han configurado como el predictor más significativo del carácter innovador de los consumidores (Evers *et al*., 2010; Köster, 2009). Finalmente, también se ha confirmado que los consumidores más predispuestos a probar nuevos alimentos son los que poseen un comportamiento de adopción más innovador (Banterle *et al*., 2011, Dobre *et al*., 2009).

Como conclusión podemos señalar que hay dos aspectos importantes que favorecen que los consumidores sean más proclives a innovar en el consumo de café: el grado de formación académica y la evocación de emociones positivas. Ayudar a los consumidores a reconocer como las emociones positivas o negativas influyen en su relación con la comida puede asistirlos a la hora de hacer cambios positivos en su dieta. La inclusión de palabras relacionadas con emociones positivas en las etiquetas, pueden provocar respuestas positivas en el consumo. Se ha comprobado además que, un fuerte carácter innovador implica un mayor consumo de cápsulas de café.

Puesto que las cápsulas de café son un producto en expansión parece que la evocación de emociones positivas unidas a la imagen del producto es muy interesante para su introducción en segmentos de consumidores más tardíos en la incorporación de innovaciones e incluso para aumentar el grado de consumo de los que ya lo consumen.

Por último, y teniendo en cuenta que se trata de un estudio piloto, debemos mencionar como limitación, que al centrarse en el café en cápsulas, no se pueden generalizar los resultados a otros nuevos alimentos. Asimismo, se ha detectado que existe todavía un amplio porcentaje de varianza sin explicar en la frecuencia de consumo de café. Por esta razón, sería conveniente considerar otros factores demográficos (género, lugar de residencia) o psicológicos (satisfacción, actitudes, normas subjetivas) que ayudasen a mejorar la explicación del modelo. Por ello, resultaría interesante ampliar el alcance de la investigación a otras innovaciones alimentarias o bien a otros mercados, y en cualquier caso a muestras más grandes de consumidores.

Agradecimientos

Los autores agradecen la financiación recibida a través del proyecto de investigación AGL 2012-39793-C03-01.

Bibliografía

Amabile TM, Barsade SG, Mueller JS, Staw BM (2005). Affect and creativity at work. Administrative Science Quarterly 50(3): 367-403.

Anderson JC, Gerbing DW (1988). Structural Equation Modeling in Practice: A Review and Recommended Two-Step Approach. Psychological Bulletin Copyright 1988 by the American Psychological Association 103: 41-423.

Bagozzi R, Gopinath M, Nyer P (1999). The role of emotions in marketing. Journal Academy of Marketing Science 27: 184-206.

Bagozzi R, Yi Y (1988). On the evaluation of structural equations models. Journal of Academy of Marketing Science 16: 74-94.

Bagozzi RP, Lee K-H (1999). Consumer resistance to and acceptance of innovations. Advances in consumer Research 26: 218-225.

Banterle A, Cavaliere A, Carraresi L, Stranıeri S (2011). Innovativeness in food small business: What is its relationship with marketing?. Agricultural Economics – Czech 57: 474-483.

Baregheh A, Rowley J, Sambrook S (2009). Towards a multidisciplinery definition of innovation. Journal of Management Decision 47(8): 1323-1339.

Bartels J, Reinders MJ (2010). Social identification, social representations and consumer innovativeness in an organic food context: a cross-national comparison. Food quality and Preference 21: 347-352.

Bellows AC, Alcaraz G, Hallman WK (2010). Gender and food, a study of attitudes in the USA towards organic, local, U.S. grown, and GM-free foods. Appetite 55: 540-550.

Bollen K (1989). Structural equations with latent variables. John Wiley & Sons, Nueva York, EE. UU.

Burgess SM, Steenkamp J-BEM (2006). Marketing renaissance: How research in emerging markets advances marketing science and practice. International. Journal of Research in Marketing 23: 337-356.

Capitanio F, Coppola A, Pascucci S (2009). Indications for drivers of innovation in the food sector. British Food Journal 111(8): 820-838.

Chua JL, Touyz S, Hill AJ (2004). Negative mood-induced overeating in obese binge eaters: An experimental study. International Journal of Obesity 28, 606-610.

Costa AIA, Dekker M, Jongen WMF (2004). An overview of means-end theory: potential application in consumer-oriented food product design. Trends in Food Science and Technology 15: 403-415.

Cronbach LJ (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. Psychometrika 16, 297-334.

Desmet PMA, Schifferstein HNJ (2008). Sources of positive and negative emotions in food experience. Appetite 50: 290-301.

Dobre C, Dragomır A, Preda G (2009). Consumer Innovatıveness: A Marketıng Approach. Management & Marketing 4(2):19-34.

Edwards JSA, Hartwell HJ, Brown L (2013). The relationship between emotions, food consumption and meal acceptability when eating out of the home. Food Quality and Preference 30(1): 22-32.

Evers C, Adriaanse M, de Ridder DTD, deWitt Huberts JC (2013). Good mood food. Positive emotion as a neglected trigger for food intake. Appetite 68(1): 1-7.

Evers C, Stok FM, Ridder DTD (2010). Feeding Your Feelings: Emotion Regulation Strategies and Emotional Eating. Personality and Social Psychology Bulletin 36(6): 792-804.

Flight I, Leppard P, Cox DN (2003). Food neophobia and associations with cultural diversity and socio-economic status amongst rural and urban Australian adolescents. Appetite 41: 51-59.

Fornell C, Larcker DF (1981). Evaluating Structural Equation Models with Unobservable Variables and Measurement Error. Journal of Marketing Research18(1): 39-50.

Fortuin FTJM, Omta SWF (2009). Innovation drivers and barriers in food processing. British Food Journal 111(8): 839-851.

Foxall GR (1988). Consumer Innovativeness: Novelty Seeking, Creativity, and Cognitive Style En: Research in Consumer Behavior. Vol. 3 (Eds, EC Hirschman y JN Sheth) Greenwich, CT: JAI Press, pp. 79-113.

Foxall GR (1995). Cognitive styles of consumer initiators. Technovation 15(5): 269-288.

Fredrickson BL (2003). The value of positive emotions: The emerging science of positive psychology is coming to understand why it's good to feel good. American Scientist 91: 330-335.

Fredrickson BL, Losada MF (2005). Positive affect and the complex dynamics of human flourishing. American Psychologist 60(7): 678-686.

Frijda NH (1986). The emotions. Cambridge: Cambridge University Press.

Frijda NH, Kuipers P, Schure E (1989). Relations among emotion, appraisal, and emotional action readiness. Journal of Personality and Social Psychology 57(2): 212-228.

Garg N, Lerner JS (2013). Sadness and consumption. Journal of Consumer Psychology 23(1): 106-113.

Gatignon H, Robertson TS (1991). Innovative decision processes. En: Consumer Behavior. (Eds. T.S. Robertson, y H.H. Kassarjian (eds). 316-346. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Goldsmith RE, d'Hauteville F, Flynn LR (1998). Theory and measurement of consumer innovativeness. A transnational evaluation. European Journal of Marketing. 32: 340-353.

Goldsmith RE, Flynn LR (1995). The domain specific innovativeness scale: theoretical and practical dimensions. Association for Marketing Theory and Practice Proceedings 4: 177-82.

Goldsmith RE, Hofacker CF (1991). Measuring consumer innovativeness. Journal of the Academy of Marketing Science 19(3): 209-221.

Gourville JT (2006). Eager Sellers and Stony Buyers: Understanding the Psychology of New-Product Adoption. Harvard Business Review 84: 98-106.

Gresham G, Hafer J, Markowski E (2006). Interfunctional market orientation between marketing departments and technical departments in the management of the new product development process. Journal of Behavioral and Applied Management 8(1): 53-65.

Hair JF, Anderson RE, Tatham RL, Black WC (1998). Multivariate data analysis (5ªth ed.), Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

Hartwell HJ, Edwards JS, Brown L (2013). The relationship between emotions and food consumption (macronutrient) in a foodservice college setting–A preliminary study. International Journal of Food Sciences and Nutrition 64: 261-268.

Hirschman EC (1980). Innovativeness, novelty seeking, and consumer creativity. Journal of Consumer Research 7(3): 283-295.

Isen AM, Daubmann KA, Nowicky GP (1987). Positive affect facilitates creative problem solving. Journal of Personality and Social Psychology 52: 1122-1131.

Izard C (1977). Human emotions. New York: Plenum Press.

Jiang Y, King JM, Prinyawiwatkul W (2014). A review of measurement and relationships between food, eating behavior and emotion. Trends in Food Science and Technology 36: 15-28.

Jöreskog KG, Sörbom D (1988). PRELIS: A program for multivariate data screning anda data summarization. A preprocessor for LISREL. Chicago, SSI.

Köster EP (2009). Diversity in the determinants of food choice: A psychological perspective. Food Quality and Preference 20: 70-82.

Krystallis A, Linardakis M, Mamalis S (2010). Usefulness of the Discrete Choice Methodology for Marketing Decision-making in New Product Development: An Example from the European Functional Foods Market. Agribusiness 26(1): 100-121.

Kühne B, Vanhonacker F, Gellynck X, Verbeke W (2010). Innovation in traditional food products in Europe: Do sector innovation activities match consumers' acceptance? Food Quality and Preference 21: 629-638.

Kulviwat S, Bruner II GC, Kumar A, Nasco SA, Clark T (2007). Toward a unified theory of consumer acceptance of technology. Psychology and Marketing 24: 1059–1084.

Lancaster KJ (1966). A new approach to consumer theory. Journal of Political Economy 74: 132-157.

Laverie DA, Kleine RF, Xhultz S (1993). Linking emotions and values in consumption experiences: An exploratory study. Advances in Consumer Research. 20: 70-75.

Lazarus R (1991). Emotion and adaptation. New York: Oxford University Press.

Leek S, Szmigin I, Carrigan M (2001). Older consumers and food innovation. Journal of International Food and Agribusiness Marketing 12 (1): 71-89.

Macht M (1999). Characteristics of eating in anger, fear, sadness and joy. Appetite 33: 129-139.

Macht M (2008). How emotions affect eating: A five-way model. Appetite 50: 1-11.

MAGRAMA (2011). La alimentación en España. Disponible en: http://www.magrama.es

Manning KC, Bearden WO, Madden TJ (1995). Consumer innovativeness and the adoption process. Journal of Consumer Psychology 4(4): 329-345.

Michon C, O'Sullivan MG, Sheehan E, Delahunty CM, Kerry JP (2010). Study on the influence of age, gender and familiarity with the product on the acceptance of vegetal soups. Food Quality and Preference 21: 478-488.

Naidoo V (2010). Firm survival through a crisis: The influence of market orientation, marketing innovation and business strategy. Industrial Marketing Management 39(8): 1311-1320.

Narchi I, Walrand S, Boirie Y, Rousset S (2008). Emotions generated by food in elderly French people. Journal of Nutrition, Health and Aging 12(9): 626-33.

Nunnally JC (1978). Psychometric theory. New York: McGraw-Hill.

Oatley K (1992). Best laid schemes: The psychology of emotions. Cambridge: Cambridge University Press.

O'Connor DB, Jones F, Conner M, McMillan B, Ferguson E (2008). Effects of daily hassles and eating style on eating behavior. Health Psychology 27: S20-S31.

Pelchat ML, Pliner P (1995). Try it. You'll like it. Effects of information on willingness to try novel foods. Appetite 24: 153-165.

Piqueras-Fiszman B, Jaeger SR (2014). The impact of the means of context evocation on consumers' emotion associations towards eating occasions. Food quality and preference 37: 61-70.

Polivy J, Herman CP (1999). Distress and eating: why do dieters overeat? International Journal of Eating Disorders 26: 153-164.

Porcherot C, Delplanque S, Raviot-Derrien S, Calve BL, Chrea C, Gaudreau N (2010). How do you feel when you smell this? Optimization of a verbal measurement of odor-elicited emotions. Food Quality and Preference 21: 938-947.

Rimal A, Moon W (2005). Perceived risks of agrobiotechnology and organic food purchase in the United States Southern Agricultural Economics Association Annual Meeting. 5-9 febrero 2005, Little Rock Arkansas, EE. UU.,1-26.

Roehrich G (2004). Consumer innovativeness: Concepts and measurements. Journal of Business Research 57: 671-677.

Rogers EM (1962). Diffusion of Innovations. 1st edition. The Free Press. Nueva York, EE. UU.

Rogers EM (2003). Diffusion of innovation. 5th edition. The Free Press. Nueva York, EE. UU.

Roseman IJ, Antoniou AA, Jose PJ (1996). Appraisal determinants of emotions: Constructing a more accurate and comprehensive theory. Cognitive Emotions 10: 241-277.

Russell JA (1980). A Circumplex Model of Affect. Journal of Personality and Social Psychology 39 (6): 1161-1178.

Schachter S, Goldman R, Gordon A (1968). Effects of fear, food deprivation, and obesity on eating. Journal of Personality and Social Psychology 10: 91-97.

Shaver Ph, Schwartz J, Kirson D, O'Conner C (1987). Emotion knowledge: further exploration of a prototype approach. Journal of Personality and Social Psychology 52: 1061-86.

Steenkamp J-BEM, Hofstede F, Wedel M (1999). A cross-national investigation into the individual and national cultural antecedents of consumer innovativeness. Journal of Marketing 63: 55-69.

Storm C, Storm T (1987). A taxonomic study of the vocabulary of emotions. Journal of Personal and Social Psychology 53: 805-816.

Tellis GJ, Yin E, Bell S (2009). Global consumer innovativeness: cross-country differences and demographic commonalities. Journal of International Marketing 17(2): 1-22.

Tuorila H, Lähteenmäki L, Pohjalainen L, Lotti L (2001). Food neophobia among the Finns and related responses to familiar and unfamiliar foods. Food Quality and Preference12: 29-37.

Urala N, Lähteenmäki L (2007). Consumers' changing attitudes towars functional foods. Food Quality and Preference 18: 1-12.

Venkatraman MP, Price LL (1990). Differentiating between cognitive and sensory innovativeness: concepts, measurement, and implications. Journal of Business Research 20(4): 293-315.

Wallis DJ, Hetherington MM (2004). Stress and eating: The effects of ego-threat and cognitive demand on food intake in restrained and emotional eaters. Appetite 43: 39-46.

Wallis DJ, Hetherington MM (2009). Emotions and eating: Self-reported and experimentally induced changes in food intake under stress. Appetite 52: 355-362.

Watson D, Tellegen A (1985). Toward a consensual structure of mood. Psychological Bulletin 98: 219-235.

Willner P, Benton D, Brown E, Cheeta S, Davies G, Morgan J (1998). Depression increases craving for sweet rewards in animal and human models of depression and craving. Psychopharmacology 136: 272-283.

Xu J, Shim,S, Lotz S, Almeida D (2004). Ethnic identity, socialization factors and culture-specific consumption behavior. Psychology and Marketing 21(2): 93-112.

(Aceptado para publicación el 10 de abril de 2015)

ASOCIACION INTERPROFESIONAL
PARA EL DESARROLLO AGRARIO

itea
Información Técnica Económica Agraria

CONCESIÓN DEL PREMIO PRENSA AGRARIA 2015 DE AIDA

Presidente
Juan A. Marín

Secretaria
Clara Mª Marín Alcalá

Dª. Clara Mª Marín Alcalá, Directora de la revista ITEA, en calidad de Secretaria del Jurado para la concesión del Premio Prensa Agraria 2015 de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA).

Notifica que reunido el Jurado para la concesión del Premio Prensa Agraria 2015 el día 2 de marzo de 2016, en las instalaciones del Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), del que forman parte el Presidente de AIDA que preside el Jurado, la Directora de la revista ITEA, el Director Gerente del CITA del Gobierno de Aragón, el Director del Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza, el Director de la Estación Experimental de Aula Dei y el Director del Instituto Pirenaico de Ecología han decidido por unanimidad que el Premio Prensa Agraria 2015 ha recaído en **G. Pardo, A. Marí, S. Fernández-Cavada, C. García-Floria, S. Hernández, C. Zaragoza** y **A. Cirujeda** por su artículo publicado en la revista ITEA titulado **"Alternativas al penoxsulam para control de *Echinochloa* spp. y ciperáceas en cultivo de arroz en el nordeste de España".**

Zaragoza 2 de marzo de 2016

EL PRESIDENTE DE AIDA
Juan A. Marín

PREMIOS DE PRENSA AGRARIA 2016
DE LA
ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL
PARA EL DESARROLLO AGRARIO

La Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA) acordó en Asamblea General celebrada en mayo de 1983, instaurar un premio anual de Prensa Agraria, con el objetivo de hacer destacar aquel artículo de los publicados en ITEA que reúna las mejores características técnicas, científicas y de valor divulgativo, y que refleje a juicio del jurado, el espíritu fundacional de AIDA de hacer de transmisor de conocimientos hacia el profesional, técnico o empresario agrario. Se concederá un premio, pudiendo quedar desierto.

Los premios se regirán de acuerdo a las siguientes

BASES

1. Podran concursar todos los artículos que versen sobre cualquier tema técnico-económico-agrario.
2. Los artículos que podrán acceder al premio serán todos aquellos que se publiquen en ITEA en el año 2016. Consecuentemente, los originales deberán ser enviados de acuerdo con las normas de ITEA y aprobados por su Comité de Redacción.
3. El jurado estará constituido por las siguientes personas:
   a) Presidente de AIDA, que presidirá el jurado.
   b) Director de la revista ITEA, que actuará de Secretario.
   c) Director Gerente del CITA (Gobierno de Aragón).
   d) Director del Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza.
   e) Director de la Estación Experimental de Aula Dei.
   f) Director del Instituto Pirenaico de Ecología.
4. El premio será anual y tendrá una dotación económica.
5. Las deliberaciones del jurado serán secretas, y su fallo inapelable.
6. El fallo del jurado se dará a conocer en la revista ITEA, y la entrega del premio se realizará con motivo de la celebración de las Jornadas de Estudio de AIDA.

INSCRIPCIÓN EN AIDA

Si desea Vd. pertenecer a la Asociación rellene la ficha de inscripción y envíela a la siguiente dirección: **Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA). Avenida Montañana 930, 50059 Zaragoza.**

Si elige como forma de pago la domiciliación bancaria adjunte a esta hoja de inscripción el impreso de domiciliación sellado por su banco.

También puede hacer una transferencia a la cuenta de AIDA (CAI, Ag. 2, Zaragoza, nº ES66-2086-0002-12-3300254819) por el importe de la cuota anual. En ese caso, adjunte un comprobante de la transferencia.

Apellidos:		Nombre:
NIF:		
Dirección Postal:		
Teléfono:	Fax:	e-mail:
Empresa:		
Área en que desarrolla su actividad profesional:		

En _____ , a ___ de _____ de 20__

Firma:

FORMA DE PAGO (CUOTA ANUAL: 42 EUROS)

	Cargo a cuenta corriente (rellenar la domiciliación bancaria)
	Transferencia a la cuenta de AIDA ES66-2086-0002-12-3300254819 (adjuntar comprobante)

DOMICILIACION BANCARIA

Sr. Director del Banco/Caja

Muy Sr. mío,

Ruego a Vd. se sirva adeudar en la siguiente cuenta corriente (IBAN: 24 caracteres)

que mantengo en esa oficina, el recibo anual que será presentado por la **Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA).**

Atentamente,

En _____ , a ___ de _____ de 20__ Firmado:	Sello de la Entidad:

NORMAS PARA LOS AUTORES (2016)

La revista ITEA es una publicación internacional indexada en las bases de datos de revistas científicas. La revista se publica en español en 4 números (marzo, junio, septiembre y diciembre) por año. De acuerdo con los fines de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA), ITEA publica artículos que hagan referencia a la Producción Vegetal, Producción Animal, Economía Agroalimentaria. Se aceptan contribuciones en formato de nota técnica, artículo de revisión o artículo de investigación. El envío de un artículo implicará que el mismo no haya sido publicado o enviado para publicar en cualquier otro medio de difusión o lenguaje, y que todos los coautores aprueben dicha publicación. Los derechos sobre todos los artículos o ilustraciones publicados serán propiedad de ITEA, que deberá recibir por escrito la cesión o copyright, una vez aceptado el artículo. La publicación de un artículo en ITEA no implica responsabilidad o acuerdo de ésta con lo expuesto, significando solamente que el Comité de Redacción lo considera de suficiente interés para ser publicado.

1. Envío de manuscritos y evaluación

Los manuscritos originales, en español, se enviarán a través de la página web de AIDA (http://www.aida-itea.org/). Para ello, los autores deberán registrarse en la aplicación, y seguir las indicaciones pertinentes. El manuscrito se enviará como un único documento Word, incluyendo las tablas y figuras al final del mismo. Los autores deberán incluir una carta de presentación en la que figure el título, los autores y un listado con 4 revisores (nombre completo, dirección postal y correo electrónico), que no deberán estar en conflicto de intereses con los autores o el contenido de manuscrito, en cuyo caso el Comité Editorial podrá negarse a colaborar con dichos revisores.

Los manuscritos que no cumplan las normas para autores serán devueltos para su rectificación. El editor correspondiente remitirá el manuscrito a como mínimo 2 revisores que conocerán la identidad de los autores, no así al contrario. Una vez aceptados por el editor, los manuscritos serán revisados por el editor técnico.

Los autores deberán modificar el manuscrito teniendo en cuenta las modificaciones sugeridas por los editores y revisores. La decisión final se comunicará a los autores, que, en caso de solicitarse, deberán modificar el artículo en el plazo de 3 meses desde su comunicación, antes de que sea aceptado definitivamente. Los autores deberán enviar el manuscrito corregido indicando los cambios realizados (por ejemplo, con la función de control de cambios activada), y deberán adjuntar una carta de respuesta a los evaluadores y editores con los cambios realizados. En caso de desacuerdo, los autores deberán justificar al editor debidamente su opinión. Una vez recibidas las pruebas de imprenta del manuscrito, los autores deberán devolver dicho manuscrito corregido en el plazo de 1 semana. Si el editor no recibe una respuesta por parte de los autores tras 6 meses el artículo será rechazado.

2. Preparación del manuscrito

En la revista ITEA se contemplan tres tipos de manuscritos. Los autores deberán expresar qué tipo de formato han escogido. Todos los manuscritos se presentarán en hojas de tamaño DIN A4 con márgenes de 2,5 cm y numeración de líneas continua. Se utilizará interlineado doble, fuente Times New Roman tamaño 12 (también en tablas y figuras). Las referencias bibliográficas, tablas y figuras se presentarán en hojas separadas.

Los artículos de investigación tendrán una extensión máxima de 30 páginas con el formato indicado en el párrafo anterior. Los apartados de los que constarán son: Introducción, Material y métodos, Resultados, Discusión (o bien, Resultados y Discusión de forma conjunta), Conclusiones y Referencias bibliográficas (ver especificaciones en los siguientes apartados), tablas y figuras.

Las notas técnicas, referidas a trabajos experimentales de extensión reducida, no excederán de 2.000 palabras, incluidas Tablas y/o Figuras.

Las revisiones bibliográficas serán una evaluación crítica de una temática que exponga los resultados de otros trabajos, el estado actual de los conocimientos en esa temática y tratará de identificar nuevas conclusiones y áreas de investigación futuras. La extensión máxima será de 30 páginas. Los apartados de una revisión serán los mismos que en artículos de investigación.

Todos los manuscritos incluirán en la primera página:

Título: será lo más conciso posible. No incluirá abreviaturas ni fórmulas químicas (excepto símbolos químicos para indicar isótopos). El formato del título será en negrita y formato tipo oración.

Apellido de los autores, precedido de las iniciales del nombre, e indicando con un asterisco el autor para correspondencia. En caso de que pertenezcan a distintas instituciones, señalar a cada autor con números superíndices diferentes. Si un autor desea aparecer con dos apellidos, éstos deberán unirse con un guión.

Dirección postal profesional de los autores. Si se deseaindicar la dirección actual, deberá escribirse con una letra minúscula como superíndice.

Correo electrónico del autor a quien se va a dirigir la correspondencia.

Ejemplo:

Alternativas al penoxsulam para control de Echinochloa spp. y ciperáceas en cultivo de arroz en el nordeste de España

G. Pardo[1*], A. Marí[1], S. Fernández-Cavada[2], C. García-Floria[3], S. Hernández[4], C. Zaragoza[1] y A. Cirujeda[1]

*autor para correspondencia: gpardos@aragon.es

El manuscrito incluirá a continuación:

- Resumen, que deberá tener un máximo de 250 palabras, e incluirá brevemente los objetivos del trabajo, la metodología empleada, los resultados más relevantes y las conclusiones. Se evitará el uso de abreviaturas.
- Palabras clave, un máximo de 6, evitando las ya incluidas en el título.
- En Inglés: Título del artículo, Resumen, Palabras clave

3. Apartados del manuscrito

El formato de títulos de los apartados será en negrita, el del primer sub-apartado en negrita y cursiva, y el siguiente nivel en cursiva.

- **Introducción**: deberá explicar la finalidad del artículo. El tema se expondrá de la manera más concisa posible, indicando al final los objetivos del trabajo.
- **Material y métodos**: deberá aportar la información necesaria que permita la réplica del trabajo, incluyendo el nombre del fabricante de productos o infraestructuras utilizadas. Los manuscritos deberán incluir una descripción clara y concisa del diseño experimental y de los análisis estadísticos realizados. Se indicará el número de individuos/muestras, valores medios y medidas de variabilidad iniciales.
- **Resultados**: los resultados se presentarán en Tablas y Figuras siempre que sea posible. No se repetirá en el texto la información recogida en las Figuras y Tablas. Se recomienda presentar el valor de significación para que el lector pueda disponer de información más detallada. Puede redactarse de forma conjunta con el apartado de discusión.
- **Discusión**: deberá interpretar los resultados obtenidos, teniendo en cuenta además otros trabajos publicados. Se recomienda utilizar un máximo de 4 referencias para apoyar una afirmación en la discusión, exceptuando en las revisiones.
- **Conclusiones**: a las que se han llegado, así como las posibles implicaciones prácticas que de ellas puedan derivarse (aproximadamente 200 palabras).

- **Agradecimientos**: deberá mencionarse el apoyo prestado por personas, asociaciones, instituciones y/o fuentes de financiación del trabajo realizado.
- **Referencias bibliográficas**: sólo se citarán aquellas referencias relacionadas con el trabajo o que contribuyan a la comprensión del texto. Como máximo se podrán utilizar 40 citas en los artículos de investigación, y 80 en las revisiones bibliográficas. En el manuscrito, se mantendrá el orden cronológico en caso de citar varios autores. Las referencias en el texto deben hacerse siguiendo los siguientes ejemplos:
  * un autor (Padilla, 1974).
  * dos autores (Vallace y Raleigh, 1967).
  * más de 3 autores: (Vergara *et al.*, 1994).
  * mismos autores con varios trabajos (Martín *et al.*, 1971 y 1979).
  * autores con trabajos del mismo año: Prache *et al.* (2009a,b).

  Los nombres de entidades u organismos que figuren como autores, por ejemplo Dirección General de la Producción Agraria (DGPA), deberán citarse completos en el texto la primera vez. La cita podrá formar parte de la frase en el texto, como sigue "como indicaban Gómez *et al.* (1969)".

  Al final del trabajo se citarán en orden alfabético por autor todas las referencias utilizadas en el texto. Se podrán citar trabajos "en prensa", siempre que hayan sido aceptados para su publicación. En casos excepcionales, se aceptarán menciones como "Comunicación personal" o "Resultados no publicados", aunque no constarán entre las referencias bibliográficas. Se indican a continuación ejemplos de cita bibliográfica.

Artículo

– Blanc F, Bocquier F, Agabriel J, D'Hour P, Chilliard Y (2006). Adaptative abilities of the females and sustainability of ruminant livestock systems. A review. Animal Research 55: 489-510.

Capítulo de libro

– Verlander JW (2003). Renal physiology. En: Textbook of Veterinary Physiology (Ed. Cunningham JG), pp. 430-467. W.B. the Saunders Company, an Elsevier imprint.

Libro

– AOAC (1999). Official Methods of Analysis, 16th. Ed. AOAC International, MD, EE. UU. 1141 pp.

Acta de congreso

– Misztal I (2013). Present and future of genomic selection at the commercial level. Book of Abstracts of the 64th Annual Meeting of the EAAP, 20-30 de agosto, Nantes, Francia, pp. 100.

Fuente electrónica

– FAO (2011). Food and Agriculture Organization statistical database. Disponible en http://faostat.fao.org/default.aspx (30 enero 2012).

Documento oficial

– MARM (2009). Anuario de estadística agroalimentaria y pesquera 2007. Subsecretaría General Técnica, Ministerio de Medio Ambiente, Medio rural y Marino, 937 pp.

En http://www.aida-itea.org/ está disponible el fichero de estilo de endnote "ITEA.ens" para su descarga.

- **Tablas y Figuras**: su número se reducirá al mínimo necesario, y los datos no deberán ser presentados al mismo tiempo en forma de tabla y de figura. Se recomienda un tamaño de 8 o 16 cm. Las tablas y figuras llevarán numeración diferente y deberán estar citadas en el texto. Sus encabezamientos deberán redactarse de modo que el sentido de la ilustración pueda comprenderse sin necesidad de acudir al texto. Los encabezamientos y pies de figuras deberán aparecer en español e inglés (en cursiva).

Para el diseño de las tablas sólo se usarán filas y columnas, no se usarán tabulaciones ni saltos de línea. No se utilizarán líneas verticales entre columnas ni horizontales entre filas. Sólo se separarán con líneas horizontales los títulos.

Ejemplo de tabla:

Tabla 3. Tarjetas de productos hipotéticos expuestos a los encuestados

Table 3. Hypothetical products cards shown to those surveyed

Nº Tarjeta	Precio	Tipo de carne	Origen	Sistema
1	22 €/kg	Lechal	Nacional	Convencional
2	22 €/kg	Cebo	Extranjero	Ecológico
3	18 €/kg	Lechal	CLM	Ecológico
4	18 €/kg	Ternasco	Extranjero	Convencional

Fuente: Diaz *et al.* (2013)

Las figuras se presentarán con la mayor calidad posible. Se podrán presentar en blanco y negro o en color. Los dibujos, gráficos, mapas y fotografías se incluirán como figuras. Para mayor claridad se recomienda el uso, en primer lugar, de líneas continuas; en segundo lugar, de puntos; y en último lugar, de rayas. Se recomienda el uso de símbolos □, ■, ○, ■, ▲, Δ, ◊, ♦, +, y ×. No utilizar líneas de división horizontales en el gráfico. Incluir barras de error cuando no entorpezcan la interpretación de la figura. En los ejes figurarán las unidades de las medidas referidas (entre paréntesis o separadas por coma). El número de la figura y su leyenda se indicarán en la parte inferior de la misma. Si las figuras se confeccionan con un programa distinto de los del paquete Office deberán ser de una calidad de 300 píxeles por pulgada o superior o escalable. Se enviarán las fotografías por separado como archivos de imagen (jpg, tiff o similar) con una resolución final de al menos 300 píxeles por pulgada.

4. Normas de estilo

- Se aplicará el Sistema Internacional de Unidades.
- Los decimales se indicarán en español con una coma (,) y en inglés con un punto (.).
- Las abreviaturas se definirán la primera vez que se citen en el texto.
- Las frases no podrán comenzar con una abreviatura o un número.
- Los nombres de hormonas o productos químicos comenzarán con minúsculas (sulfato de metilo, en vez de Sulfato de Metilo).
- Las fórmulas químicas se nombrarán según las normas IUPAC (p. ej. H2SO4 en vez de SO4H2) y los nombres comerciales comenzarán con mayúscula (p.ej. Foligón).
- Los nombres científicos de organismos vivos (botánicos, microbiológicos o zoológicos) deberán incluir en su primera cita la denominación completa de género, especie y del autor. En siguientes apariciones se abreviará el género con la inicial del mismo y se mantendrá el nombre de la especie. Ejemplo: *Papaver rhoeas* L. y posteriormente, P.rhoeas.
- Los nombres latinos de géneros, especies y variedades se indicarán en cursiva y los nombres de cultivares entre comillas simples (p. ej. 'Sugar Baby').
- Las llamadas en nota a pie de página o cuadro deberán ser las menos posibles y, en todo caso, se indicarán mediante números correlativos entre paréntesis (p. ej. (1), (2), evitando el uso de asteriscos, letras o cualquier otro signo).
- Los niveles de significación estadística no necesitan explicación (* = P<0,05; ** = P<0,01; ***= P<0,001; NS = no significativo).

Volumen 112
Número 1
Marzo 2016

itea

información técnica económica agraria

www.aida-itea.org

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO

Calidad de Revistas Científicas Españolas
FECYT | FUNDACIÓN ESPAÑOLA PARA LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA | 2014